VISIT…

7545

Д. С. ЛЕМТЮЖНИКОВ

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ КУРС ОПТИКИ И ДАЛЬНОМЕРОВ

ВОЕНИЗДАТ – 1938

Д. С. ЛЕМТЮЖНИКОВ

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ КУРС ОПТИКИ И ДАЛЬНОМЕРОВ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАРКОМАТА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА 1938

Д. С. ЛЕМТЮЖНИКОВ. — „Элементарный курс оптики и дальномеров“. Учебник для подготовки младших командиров-дальномерщиков Военно-Морского Флота СССР.

Учебник содержит краткие сведения из оптики, описание устройства некоторых типов дальномеров, принятых на вооружение Военно-Морского Флота, правила пользования и выверки дальномеров, ухода за ними и их сбережения и методику подготовки специалистов-дальномерщиков.

В приложении даны понятия о новейших достижениях в дальномерной технике — дальномеры с удвоенной базой (стереоинверт и стереокоинсиденц) и скартометр.

Редактор лейтенант *Фришман.*
Технический редактор *Фрейман.*
Корректоры *Шмидт и Крель*

Сдано в производство 20.4.38.
Подписано к печати 25.8.38.

Формат бумаги 60×92 1/16 д.
Объем 8,5 п. л +4 вклейки 1 п. л., 11 у.-авт. л.
В бумажном листе 105.600 знаков.

Уполн. Главлита № Г—9740.
Издательский № 222. Заказ № 1460.

Цена книги 1 р. 15 к., переплета 60 к.

Текст отпечатан на бумаге Камского бумкомбината.
Переплетные материалы Щелковской ф-ки

Адрес изд-ва: Москва, Орликов пер., д. 3.

Отпечатано во 2-й типографии
Государственного Военного изд-ва НКО СССР им. К. Ворошилова
Ленинград, ул. Герцена 1.

ЧАСТЬ I

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОПТИКИ

§ 1. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ

Световой луч. Направление, по которому распространяется свет от источника света, называется световым лучом, например, луч солнца, луч прожектора или луч маяка.

Светящейся точкой называется источник света, который имеет весьма малые размеры, например, звезда, какой она нам кажется, или огонь далекого маяка.

Светящееся тело есть совокупность светящихся точек. Название это остается не только для самосветящихся тел (солнце, зажженная лампа и т. п.), но и для всякого видимого нами предмета, освещенного источником света, так как тогда от этого предмета пойдут отраженные лучи. Например, если мы входим в темную комнату, то предметов, находящихся в ней, не будет видно. Но достаточно зажечь лампу, как все предметы будут видны, потому что от каждой точки каждого предмета отразятся идущие от лампы световые лучи, которые, попадая нам в глаза, дадут представление о каждом предмете. Эти отраженные лучи, расходятся во все стороны, как будто предмет сам посылает лучи. Так луна — сама по себе совершенно темное тело, но порой она освещает землю; при этом, однако, она посылает нам не свои собственные лучи, а лучи солнца, отразившиеся от ее поверхности. То, что можно сказать о распространении лучей солнца или другого источника света, можно сказать и о лучах, отражающихся от всех предметов, т. е. законы оптики будут для них одни и те же.

Таким образом, в дальнейшем при построении изображений любого предмета будем говорить, что от каждой точки этого предмета исходят лучи, хотя предмет может быть и не самосветящийся.

§ 2. ЗАКОН ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА

Свет распространяется в однородной прозрачной среде (т. е. когда он идет в одном и том же веществе, например, в воздухе или в стекле) по прямым линиям.

Справедливость этого закона легко доказывается следующим опытом (рис. 1).

Наблюдая светящуюся точку C через небольшое отверстие в листе бумаги, расположенное на пути хода лучей к глазу, увидим светя-

щуюся точку только тогда, когда точка, отверстие на экране и глаз будут расположены на одной прямой линии.

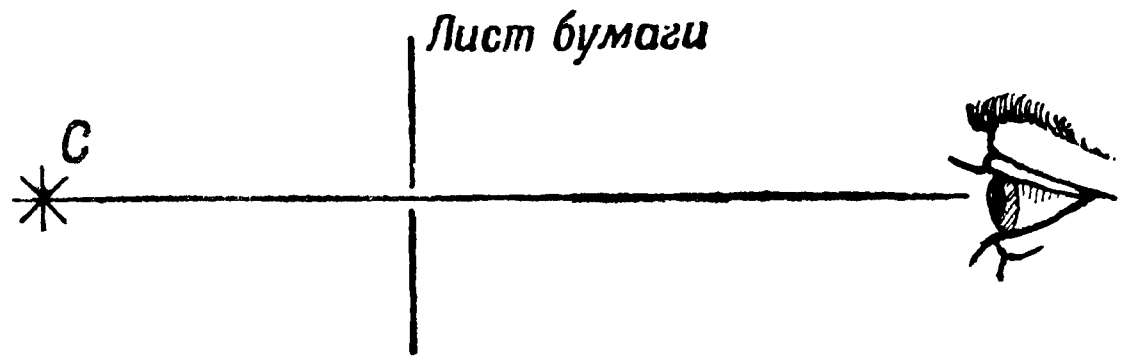


Рис. 1. Прямолинейное распространение света.

§ 3. ЗАКОНЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Законы освещения легко выводятся путем опытов.

1. Если одну и ту же поверхность будем освещать различными источниками света с одного и того же расстояния и по одному направлению, то увидим, что освещенность поверхности будет тем больше, чем больше сила света источника.

2. Если ту же поверхность будем освещать одним источником света по одному направлению, но с разных расстояний, то увидим, что освещенность поверхности будет больше, когда расстояние меньше, иначе говоря, освещенность обратно пропорциональна расстоянию.

На освещенность поверхности расстояние влияет сильнее, чем сила света источника. Если возьмем источник, который будет освещать поверхность, имеющую форму квадрата, то на эту поверхность на некотором расстоянии упадет определенное количество лучей; если увеличим расстояние вдвое, то это же самое количество лучей, расходясь по прямым линиям от источника, упадет на квадрат со сторонами вдвое большими, потому что лучи разойдутся вдвое. Площадь второго квадрата будет в 4 раза больше первого, а так как количество лучей, которое упало на первый и на второй квадраты, — то же самое, то освещенность второго квадрата (находящегося от источника света в расстоянии вдвое большем) будет в 4 раза меньше. На расстоянии втрое большем освещенность поверхности будет слабее в 3, помноженное на 3, значит, в 9 раз, и т. д.; таким образом, по мере удаления источника света освещенность поверхности будет уменьшаться в число раз, равное расстоянию, помноженному на себя, т. е. освещенность поверхности обратно пропорциональна квадрату расстояния.

3. Если одну и ту же поверхность освещать одним и тем же источником света на одном и том же расстоянии, но лучи будут падать на поверхность под разными углами, то освещенность поверхности будет наибольшая, когда лучи перпендикулярны к поверхности.

§ 4. ЗАКОНЫ ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА

Если на пути лучей, идущих из точки *А*, поставить плоское зеркало *КМ* (или вообще какую-либо отполированную поверхность), то лучи, падающие на зеркало, резко изменят свое первоначальное направление *АБ* и пойдут по другому направлению *БВ*, также прямолинейному (рис. 2).

Это явление называется отражением света.

Углы падения и отражения. Если провести перпендикуляр *БД* через точку *Б* падения луча *АБ* на плоскость *КМ* (на которую луч падает), то угол *АБД*, образуемый этим перпендикуляром *БД* с направлением падающего луча *АБ*, называется углом падения (*АВД* на рис. 2), а угол, образуемый перпендикуляром с направлением отраженного луча *БВ*, называется углом отражения *ДБВ*.

Из опыта выведены следующие три закона отражения света.

1. Угол падения *а* равен углу отражения *б*, т. е. луч отраженный отойдет по другую сторону перпендикуляра под таким же углом *б*, как и падающий луч *а* относительно того же перпендикуляра.

2. Луч падающий и отраженный находятся в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным в точке падения луча к плоскости, на которую луч падает, т. е. все явление отражения происходит в одной плоскости (на рис. 2 — в плоскости рисунка), перпендикулярной плоскости зеркала.

3. Луч падающий и отраженный переместимы, т. е. если луч падающий будет не *АБ*, а *БВ*, то отраженным лучом будет *БА*, так как угол падения *б* будет равняться углу отражения *а*.

§ 5. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ СВЕТЯЩЕЙСЯ ТОЧКИ В ПЛОСКОМ ЗЕРКАЛЕ

Если луч *АБ* от светящейся точки *А* будет падать на поверхность *НБ* зеркала, то луч отразится и пойдет по новому направлению *БВ*. Глаз человека не может видеть весь путь луча (от светящейся точки до зеркала и от зеркала до глаза), он будет видеть светящуюся точку по последнему направлению луча *БВ*, т. е. человеку будет казаться, что луч идет из-за зеркала, из какой-то точки,

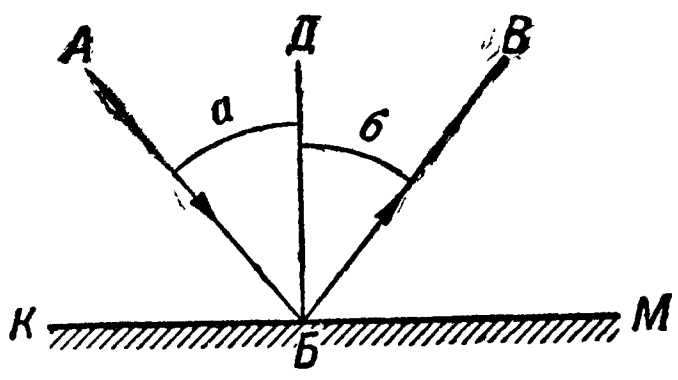


Рис. 2. Законы отражения света.

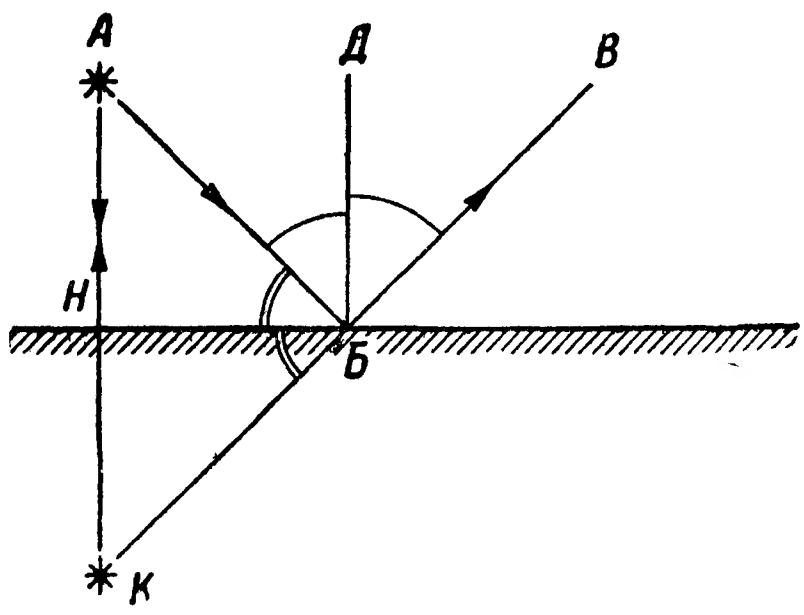


Рис. 3. Построение изображения в зеркале.

лежащей на продолжении линии *ВБ* — последнего направления луча к глазу. Построим другой луч *АН* (рис. 3) из той же точки *А*, который падает на зеркало перпендикулярно к нему. Он отразится и пойдет по направлению *НА*, обратному тому, по которому шел падающий луч *АН*, и опять нам будет казаться, что луч *НА* идет из-за зеркала из какой-то точки *К*, лежащей на продолжении линии *АН*.

Но так как мы видим светящуюся точку по направлению *ВБ*, то ясно, что светящаяся точка будет видна за зеркалом в точке пересечения продолженных за зеркалом обоих отраженных лучей *БВ* и *АН*. Из ри-

сунка видно, что прямоугольные треугольники *АНБ* и *НБК* равны, так как сторона *НБ* у них общая, а угол *АБН* равен углу *НБК*, а потому и сторона *АН* равна стороне *НК*.

Следовательно, изображение светящейся точки в плоском зеркале будет казаться находящимся:

а) за зеркалом, на перпендикуляре, опущенном из светящейся точки на зеркало, и

б) на таком же расстоянии за зеркалом, на каком сама светящаяся точка находится перед ним (рис. 3).

Зеркальное изображение. Для построения изображения предмета в зеркале надо построить изображение ряда точек этого предмета (рис. 4). Если мы будем стоять перед зеркалом, то будем видеть в нем свое изображение, но правая сторона нашего изображения будет находиться против левой стороны нашего тела. Такое изображение носит название зеркального. Если мы будем отходить от зеркала, то и изображение наше тоже будет отдаляться от него, но так как фактически за зеркалом ничего нет и мы видим только свое изображение по мысленному продолжению за зеркалом отраженных от него лучей, то такое изображение носит название мнимого изображения.

Таким образом изображение в плоском зеркале всегда получается: 1) равное по величине действительному, 2) зеркальное и 3) мнимое.

§ 6. ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОТРАЖЕНИЯ ЛУЧЕЙ ПРИ ПОВОРОТЕ ЗЕРКАЛА

Рассмотрим, как изменяется направление отраженного луча в зависимости от поворота зеркала около точки падения луча на некоторый угол.

Из точки *А* (рис. 5) падает на зеркало *КД* луч света *АБ* перпендикулярно к зеркалу. Он отразится назад по тому же направлению. Если повернем теперь зеркало около точки *Б* на угол *а* в положение *ЕМ*, то перпендикуляр *БА*

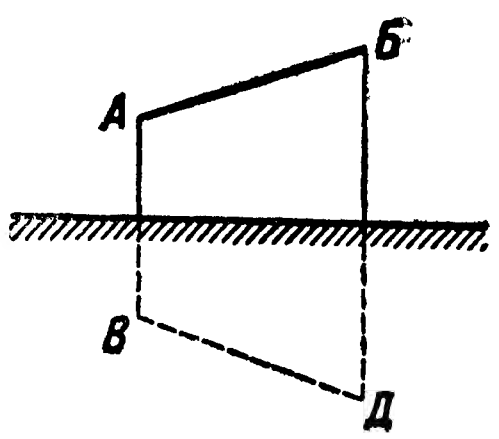


Рис. 4. Построение изображения в зеркале.

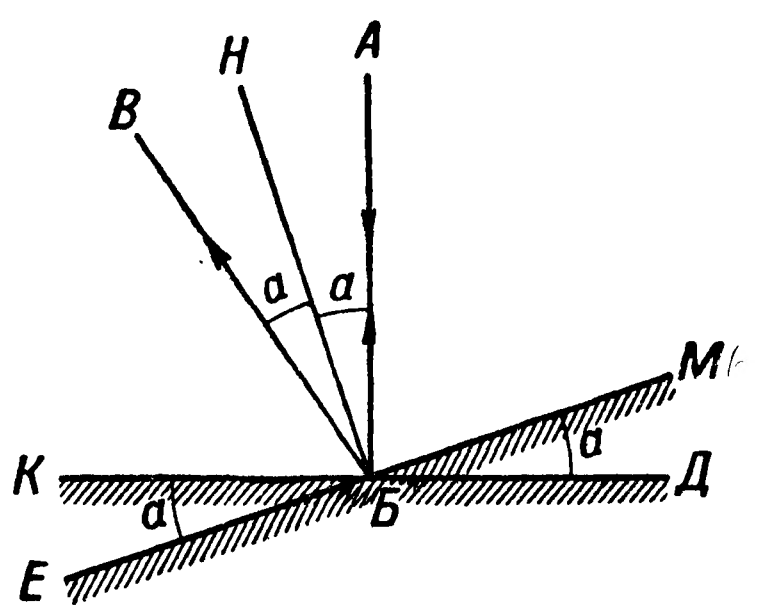


Рис. 5. Поворот зеркала.

к зеркалу повернется тоже на угол *а* и примет положение *БН*. Так как угол падения равен углу отражения, то отраженный луч пойдет по направлению *БВ* (от перпендикуляра—на угол *а*), т. е. повернется на угол, вдвое больший.

Таким образом, при повороте зеркала на некоторый угол *а* направление отраженного луча изменяется на угол, вдвое больший (на угол 2*а*).

§ 7. ЗАКОНЫ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА

В однородной прозрачной среде, например, в воздухе, луч света идет по прямой линии. Если на своем пути луч света встретит другую прозрачную среду, например, воду, то он, входя в нее, изменит свое направление. Такое явление перемены направления луча при переходе из одной прозрачной среды в другую носит название преломления света, ибо луч при этом как бы ломается.

Углы падения и преломления. Углом падения называется угол *АОВ* между падающим лучом *АО* и перпендикуляром *ОВ*, восставленным в точке падения луча к поверхности *КМ*, разделяющей обе среды (рис. 6).

Угол между преломленным лучом и продолжением того же перпендикуляра будем называть углом преломления (угол *ДОС* на рис. 6).

Если при переходе луча из среды *I* в среду *II* угол преломления получается меньше угла падения, то среда *II* называется более преломляющей, чем среда *I*. Значит, при переходе луча из среды менее преломляющей в среду более преломляющую луч приблизится к перпендикуляру и, наоборот, идя из среды более преломляющей в среду менее преломляющую, он от перпендикуляра отдалится.

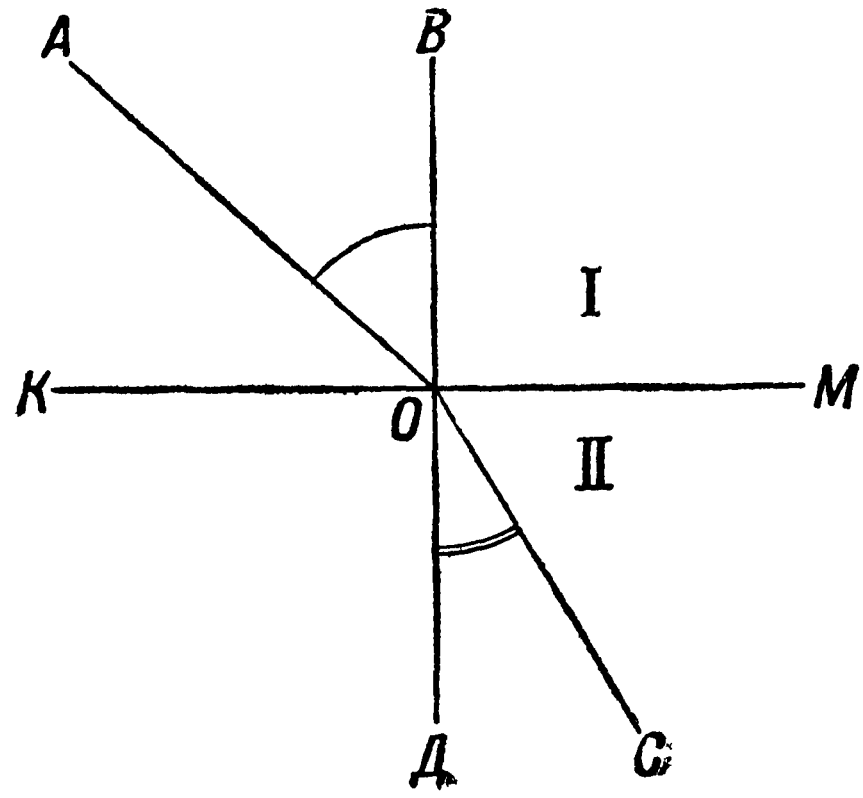


Рис. 6. Законы преломления света.

Законы преломления. Исследование явления преломления света дало возможность вывести следующие законы.

1. Все явления преломления света происходят в одной плоскости, т. е. лучи падающий и преломленный находятся в одной плоскости с перпендикуляром, восставленным в точке падения луча на плоскость, разделяющую обе среды.

2. Лучи падающий и преломленный переместимы, т. е. если поместить светящуюся точку в среду *II* и луч от нее пойдет по линии преломленного луча *СО*, то, войдя в среду *I*, он преломится, и этот преломленный луч пойдет обязательно по линии прежнего падающего луча *ОА*. Прежний угол преломления *ДОС* станет углом падения, а угол падения *АОВ* станет углом преломления.

3. Преломление света зависит от угла падения, причем преломление (изменение направления) будет тем больше, чем больше был угол падения. При падении луча перпендикулярно к поверхности раздела *КМ* луч не преломляется вовсе и проходит по перпендикуляру *ВД* дальше.

4. Различные вещества в различной степени преломляют лучи света, т. е. преломление зависит от вещества среды. При этом обыкновенно, если вещество плотнее, то изменение направления вошедшего в него луча будет приближаться к перпендикуляру: таким образом, луч света, идя из пустоты в любое вещество, всегда будет приближаться к перпендикуляру.

Показатель преломления. Чтобы различать вещества по их преломлению, установили так называемый абсолютный показатель преломления каждого вещества, показывающий, насколько это вещество будет сильно изменять направление луча, вошедшего в него из пустоты. При переходе луча из одной прозрачной среды в другую направление преломленного луча будет зависеть от абсолютных показателей преломления той и другой среды.

Если абсолютные показатели преломления двух веществ одинаковы, то луч при переходе из одного вещества в другое не изменит своего направления. Ясно, что абсолютный показатель преломления — величина всегда бо̀льшая единицы, так как луч, идя из пустоты в любое вещество, всегда приблизится к перпендикуляру, т. е. угол падения в пустоте будет всегда больше угла преломления в веществе.

Величины абсолютных показателей преломления: воздуха — 1,0003, воды — 1,33, стекла (кронглас) — 1,51.

Чем абсолютный показатель преломления больше, тем вещество считается оптически более плотным.

§ 8. ПРОХОЖДЕНИЕ СВЕТА ЧЕРЕЗ ПЛАСТИНУ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРАНЯМИ

Луч света, проходящий через слой прозрачного вещества, ограниченный параллельными плоскостями, преломляется дважды: при входе в слой и при выходе из него.

На рис. 7 показан кусок стекла с параллельными гранями, находящийся в воздухе. Первое преломление произойдет в точке *B*, причем, так как луч идет из воздуха в стекло, т. е. из среды менее плотной в среду более плотную, то он приблизится к перпендикуляру *BH*. В точке *C* луч преломится вторично, но так как он выходит из стекла (т. е. из среды более плотной) в воздух (т. е. в среду менее плотную), то он от перпендикуляра *CO* отдалится.

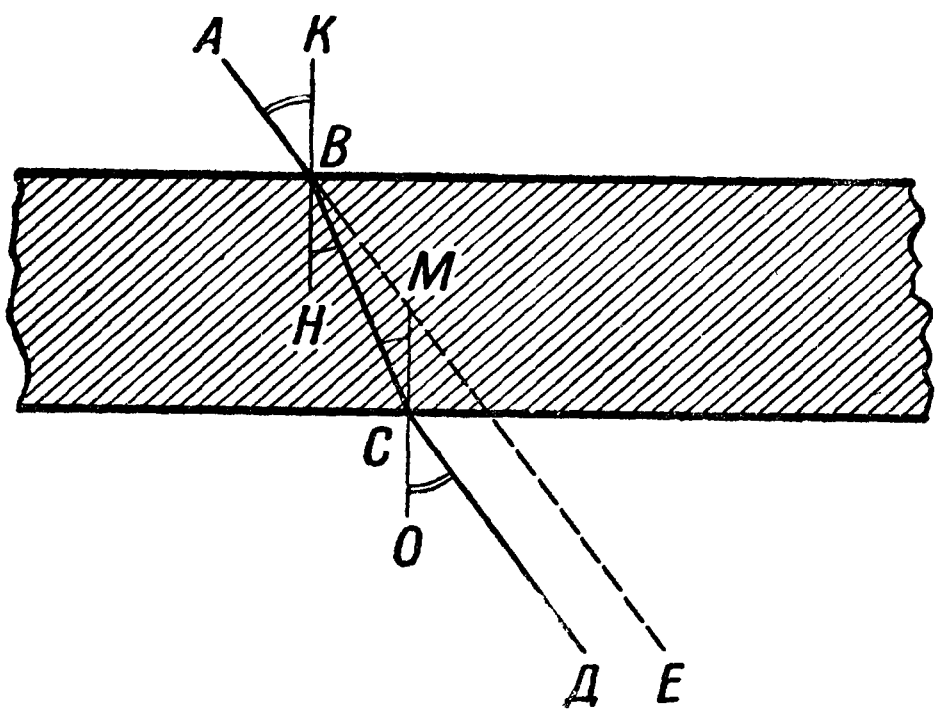


Рис. 7. Прохождение света через пластинку с параллельными гранями.

Из рисунка видно, что углу падения *ABK* соответствует угол преломления *HBC*. По закону преломления света лучи падающий и преломленный переместимы, поэтому, если угол *HBC* станет углом падения, то соответствующим ему углом преломления будет угол *ABK*. Углы же *HBC* и *BCM* равны как внутренние накрест лежащие, а потому углу падения *BCM* должен соответствовать угол преломления, по величине равный *ABK*; значит, углы *ABK* и *ДCO* должны быть равны. Но грани стекла параллельны и линия *CД* параллельна линии *AB*, следовательно, луч света, пройдя пластину с параллельными гранями, остается параллельным своему первоначальному направлению и только смещается

в сторону на величину, пропорциональную толщине пластины и углу падения. Ясно, что при угле падения, равном нулю, направление падающего луча будет совпадать с перпендикуляром, и луч пройдет пластину по этому же направлению, т. е. без преломления и смещения.

§ 9. ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ

Когда луч переходит из среды оптически менее плотной в среду более плотную, то он всегда проникает в последнюю. Но при обратном ходе луча из среды более плотной в среду менее плотную может случиться, что луч отразится от границы раздела и не войдет во вторую среду вовсе. Для пояснения этого случая возьмем кусок стекла и будем пропускать из него лучи света в воздух под различными углами падения (рис. 8).

При угле падения a_1 луч, войдя в воздух, преломится и удалится от перпендикуляра; угол преломления его будет $б_1$. Если теперь начать постепенно увеличивать углы падения, то углы преломления тоже начнут увеличиваться, но увеличиваться они будут значительно быстрее, чем углы падения. Наконец, наступит такой момент, когда некоторому углу падения a_2 будет соответствовать угол преломления $б_2$, равный 90°, т. е. преломленный луч пойдет вдоль границы раздела. Если еще увеличить угол падения до величины угла a_3, то угол преломления больше увеличиваться не сможет, так как дальнейшее увеличение угла переходит границу, и преломленному лучу больше нет места в среде *II*.

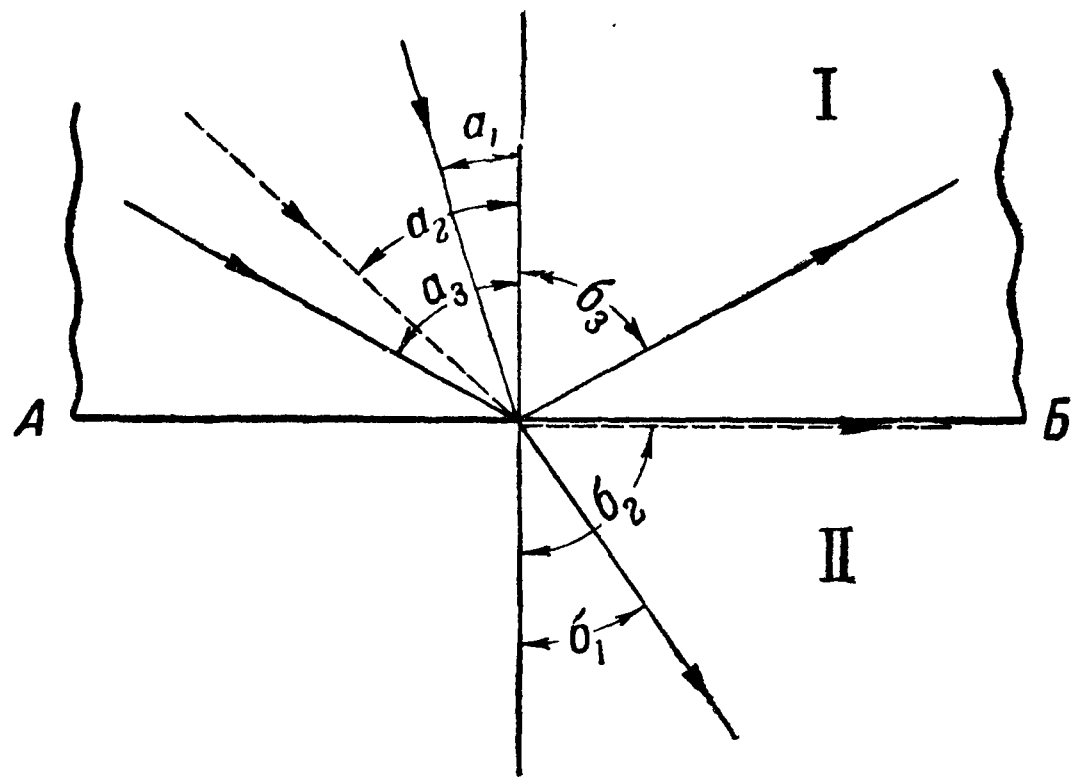


Рис. 8. Полное внутреннее отражение.

Опыт и теория показывают, что при дальнейшем увеличении углов a лучи уже не выходят из среды *I*, т. е. не преломляются вовсе, а целиком отражаются от внутренней поверхности *АБ* стекла, как от зеркала, по всем законам отражения света, и потому углу падения a_3 будет соответствовать угол отражения $б_3$, равный ему по величине.

Это явление, происходящее только при переходе луча из среды более плотной в среду менее плотную, называется полным внутренним отражением.

Угол падения, при котором еще возможно преломление света (на рисунке угол a_2), называется предельным углом полного внутреннего отражения.

Чем вещество плотнее, тем величина предельного угла у него меньше.

При переходе из воды в воздух предельный угол преломления получается около 48°, а при переходе из стекла в воздух — около 40°.

§ 10. ОСВЕЩЕНИЕ КРЕСТА НИТЕЙ ПРИЦЕЛА

Явление полного внутреннего отражения используют для получения освещенного креста нитей прицела. Для этой цели применяется плоская стеклянная пластина с награвированным крестом (рис. 9).

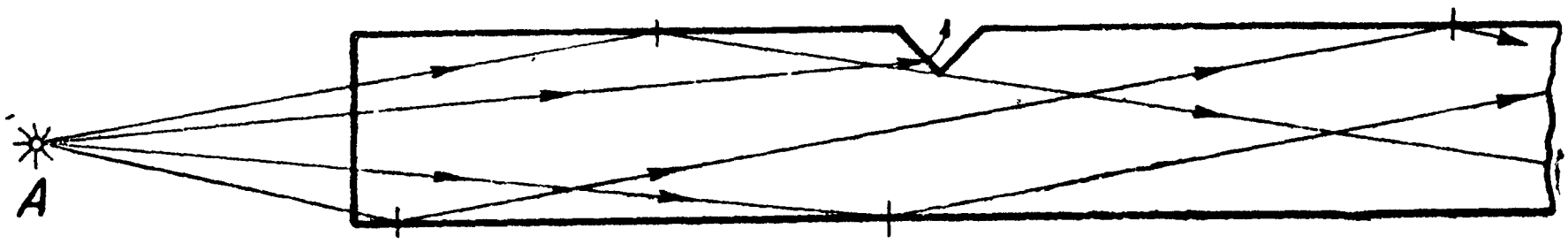


Рис. 9. Освещение креста нитей прицела.

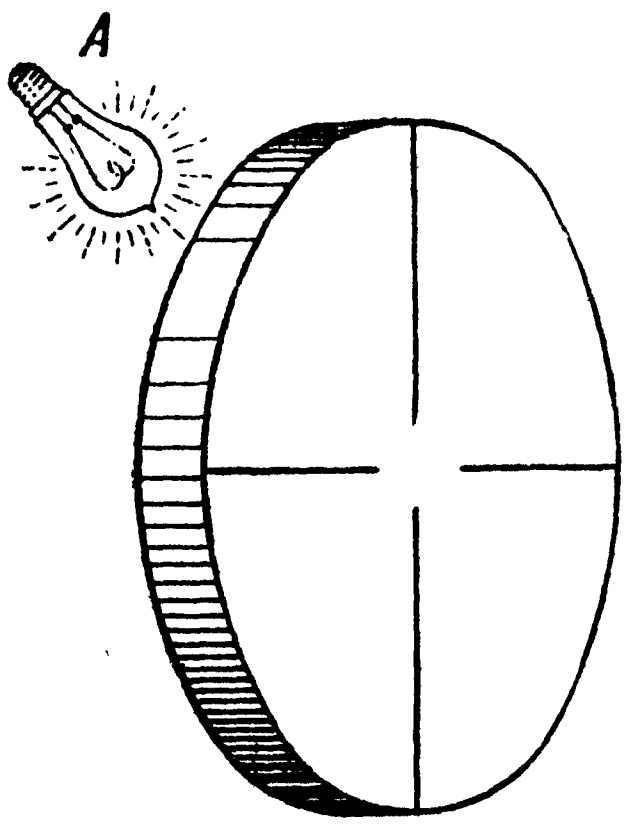


Рис. 10. Освещение креста нитей прицела.

Светящаяся точка A помещается так, чтобы лучи входили в пластину сбоку (в толщу стекла). Лучи света, падая на параллельные грани стекла под углами, большими предельного, все отражаются (благодаря полному внутреннему отражению) от внутренней поверхности пластины и остаются внутри стекла. Поэтому наблюдателю, смотрящему сквозь пластину по направлению, перпендикулярному граням, вся пластина будет казаться неосвещенной. Если же на пластине будет сделана алмазом черта, то лучи упадут на стенки этой черты под углами, меньшими предельного, а потому преломятся и выйдут из стекла в воздух, и тогда на пластине, через которую видна цель, будет одновременно виден тонкий светящийся крест нитей (рис. 10).

§ 11. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА ПРИЗМОЙ

Призмой в оптике называется тело, имеющее в числе своих граней две плоские грани, образующие двухгранный угол. Ребро этого двухгранного угла называется преломляющим ребром, а двухгранный угол — преломляющим углом призмы. Если призма трехгранная, то луч входит в нее через одну грань, а выходит через другую; третья грань, противолежащая преломляющему углу, называется основанием и в преломлении лучей непосредственного участия не принимает.

У трехгранной призмы в зависимости от того, как падает на нее луч, могут быть три преломляющих угла и три основания.

Призма, имеющая очень маленький преломляющий угол, носит название клина.

На рис. 11 показано сечение трехгранной призмы плоскостью, перпендикулярной преломляющему ребру.

Пусть от светящейся точки A на призму падает луч AB. Войдя в призму (среду более плотную), луч преломится, приблизится к перпендикуляру и пойдет по новому направлению (положим, по BC). Дойдя до

второй грани *PM* призмы, он выйдет из призмы, но так как попадет при этом в среду менее плотную, то отдалится от перпендикуляра и пойдет по направлению *CK*. Угол *Д*, составленный первоначальным направлением луча *AB* (т. е направлением до входа в призму) и окончательным направлением *CK* по выходе из призмы, называется **углом отклонения луча**.

Из рисунка видно, что луч, пройдя призму, отклонился к ее основанию *OM*. Если пустить луч на любую грань призмы и построить по законам оптики его путь, то луч, войдя в призму через одну грань, выйдет через вторую, и направление его по выходе из призмы будет всегда отклонено к третьей грани, т. е. к той грани, через которую он не проходил; следовательно, можно сказать, что трехгранная призма всегда отклоняет луч к основанию.

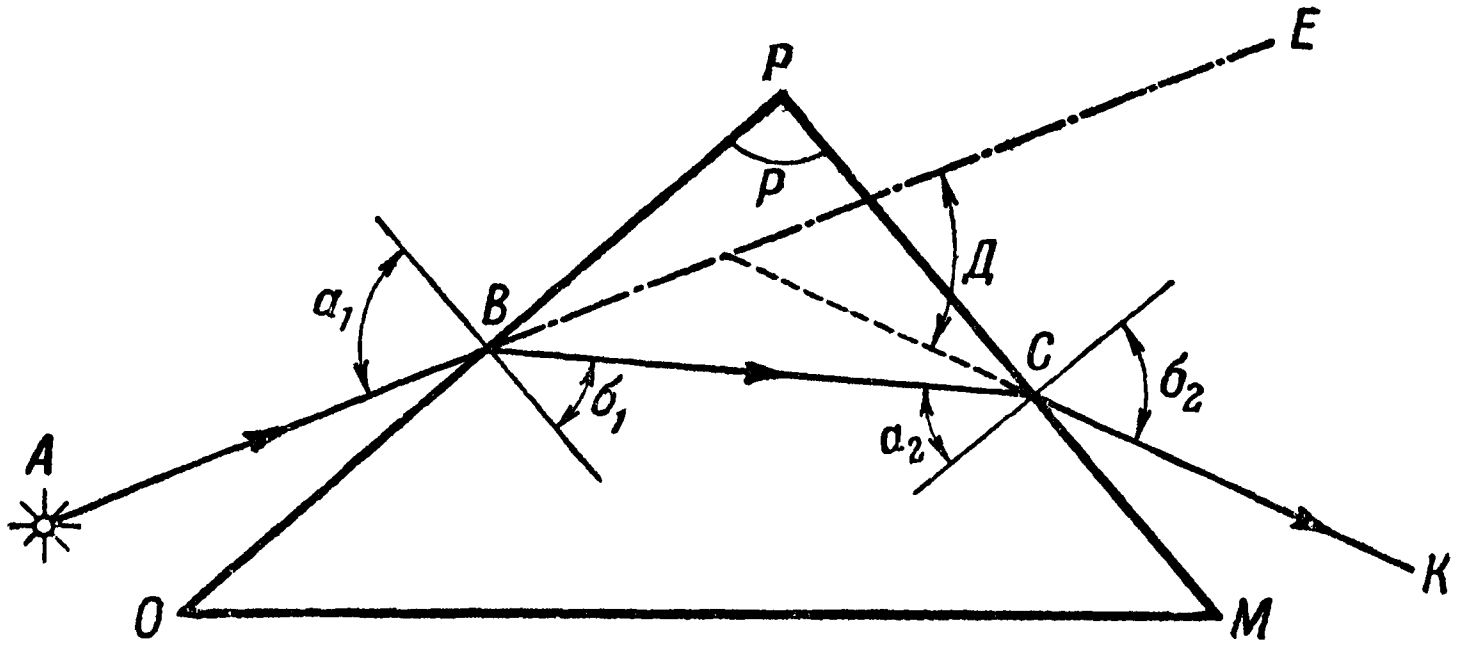


Рис. 11. Преломление света призмой.

Величина угла отклонения луча (угол *Д*) зависит от трех величин:

1) от показателя преломления вещества, из которого сделана призма (т. е. призмы с одинаковым преломляющим углом *P*, но сделанные из разных материалов, будут отклонять лучи различно),

2) от преломляющего угла призмы (т. е. призмы, сделанные из одного и того же материала, но различной формы, будут иначе отклонять один и тот же луч — толстая призма будет сильнее отклонять луч, чем тонкая), и, наконец,

3) от угла, под которым луч упал на призму (угол падения a_1).

§ 12. ПРИЗМЫ ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Если луч света, войдя через одну грань призмы, не пройдет через призму насквозь, а по дороге отразится от одной или нескольких граней и только после этого выйдет из призмы, то такую призму называют **призмой полного внутреннего отражения**. Ими пользуются для переворачивания предмета, т. е. для того, чтобы увидеть предмет не так, как он стоит на местности (например, верх предмета видеть низом, или правую сторону его — левой), а также и для поворачивания на некоторый угол направления лучей, идущих от предмета. Обыкновенно призмы эти сделаны так, что сечение их плоскостью, перпендикулярной преломляющему ребру, является равнобедренным прямоугольным

треугольником. Луч света, войдя в призму, получает полное внутреннее отражение, так как падает на внутреннюю сторону грани под углом, бо́льшим предельного (у стекла этот угол — от 38° до 42°, в зависимости от сорта стекла).

Возьмем различные положения призмы относительно падающих лучей.

1. Если нужно сделать только „обращение“ изображения, т. е. перевернуть изображение так, чтобы верх стал низом, но без поворота лучей (иначе говоря, так, чтобы лучи после выхода из призмы имели то же направление, что и до входа в призму), то призму надо ставить так, чтобы лучи шли параллельно грани-гипотенузе. Войдя через одну грань-катет *АБ* (рис. 12), лучи преломятся и приблизятся к перпендикуляру; затем упадут на грань-гипотенузу *АВ* под углом *а*, бо́льшим предельного, отразятся от нее полным внутренним отражением и выйдут через вторую грань-катет *БВ*.

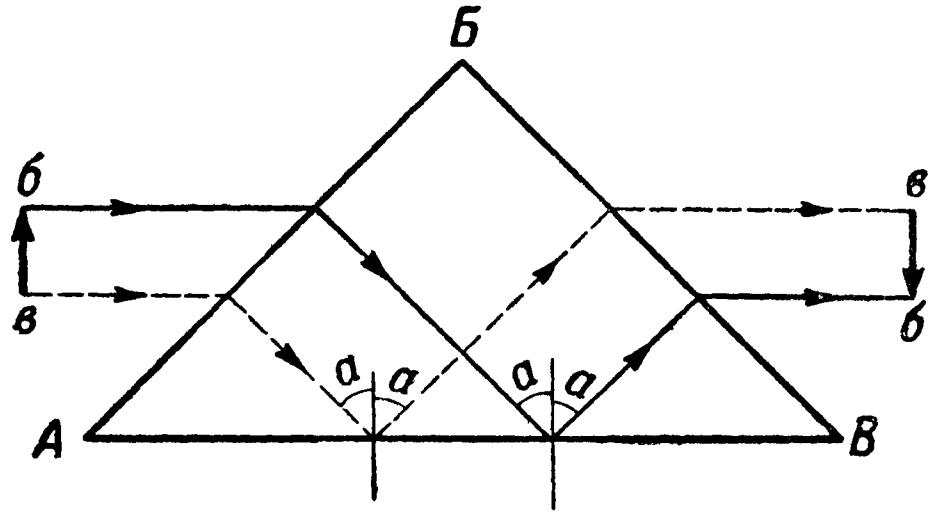


Рис. 12. Призма полного внутреннего отражения (поворот предмета на 180° без изменения направления лучей).

2. Если нужно, чтобы направление лучей было повернуто на 90°, то призму ставят так, чтобы лучи падали перпендикулярно одной грани-катету *АБ* (рис. 13); тогда лучи, войдя в призму без преломления, отразятся от грани-гипотенузы *АВ* полным внутренним отражением (так как угол отражения от этой грани равен 45°, т. е. больше предельного) и выйдут через вторую грань-катет *БВ* без преломления (так как падают перпендикулярно к нему). Изображение будет „зеркальное“.

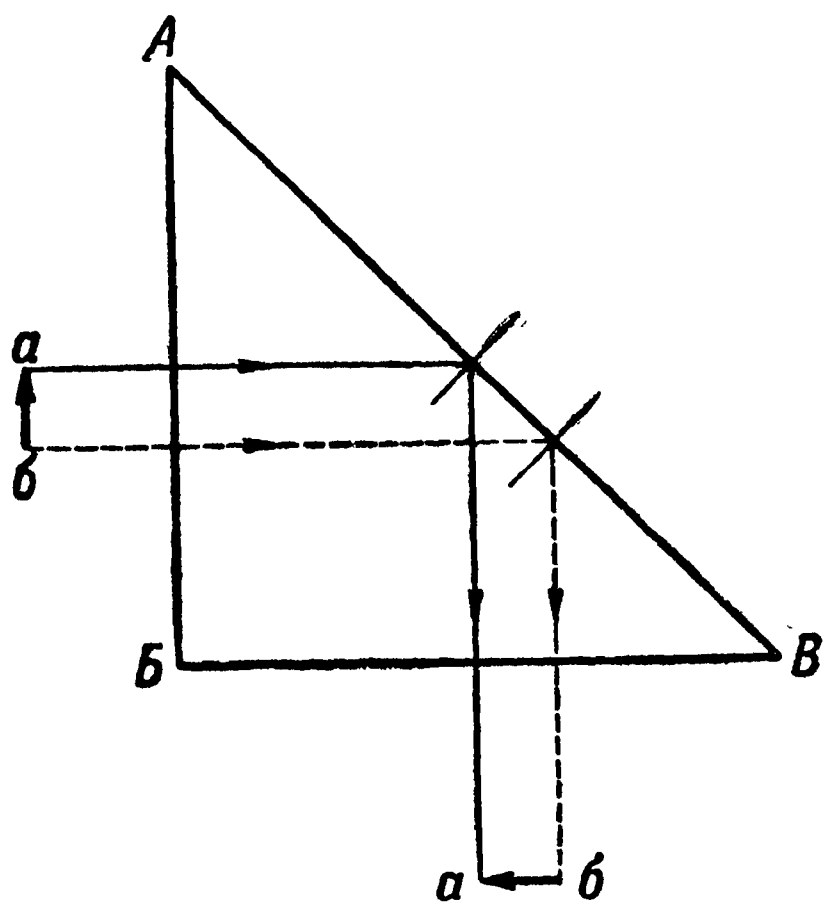


Рис. 13. Поворот лучей и предмета на 90°.

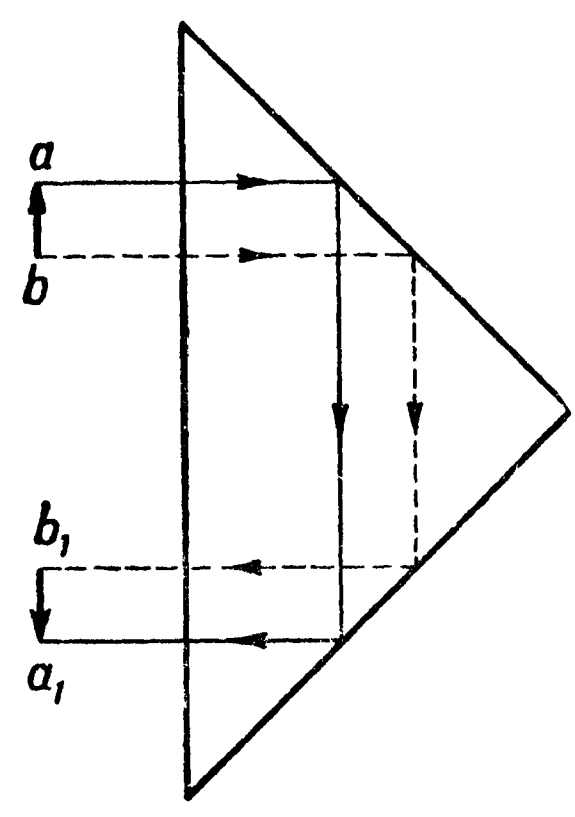


Рис. 14. Поворот предмета на 180° и поворот лучей на 180°.

3. Если нужно перевернуть изображение, т. е. сделать так, чтобы верх был низом, и, кроме того, изменить направление лучей на 180°, то призму ставят так, чтобы лучи падали перпендикулярно к грани-гипотенузе. Тогда лучи от предмета *ab* войдут в призму без преломления, два раза отразятся от обеих граней-катетов, падая на них под углами 45°, и выйдут через ту же грань-гипотенузу, перпендикулярно к ней, не преломившись (рис. 14).

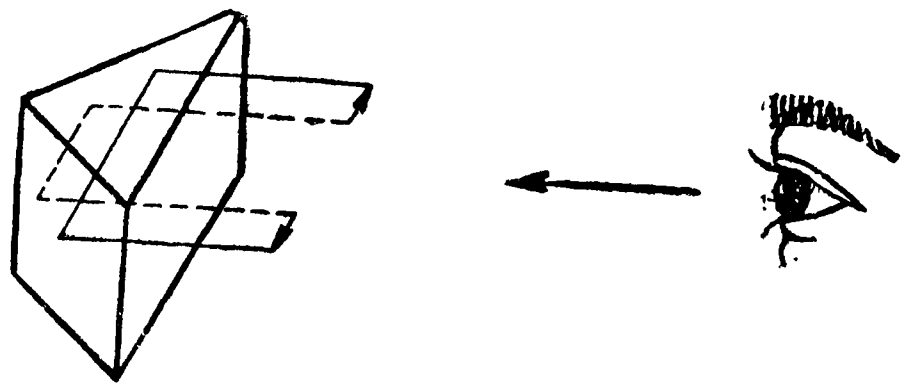


Рис. 15. Поворот предмета на 180° (справа налево) и поворот лучей на 180°.

4. Если нужно изменить направление лучей на 180° и сделать, чтобы правая часть изображения стала левой и наоборот, то призму ставят так, чтобы лучи падали на грань-гипотенузу перпендикулярно, повернув только самую призму от предыдущего положения на 90°, т. е. расположив гипотенузу и катеты ее треугольного сечения горизонтально (рис. 15). Если смотреть справа, т. е. на грань-гипотенузу, то будет видно, что правая часть предмета стала левой и наоборот.

§ 13. ОБРАЩАЮЩАЯ СИСТЕМА ПРИЗМ ПОРРО

Всякое изображение может быть посредством одной призмы перевернуто в каком-либо одном направлении, т. е. либо правая сторона предмета будет на изображении левой, либо верх станет низом; если же потребуется, чтобы было „полное“ переворачивание (обращение), т. е. чтобы правая сторона предмета стала левой и верх низом, то нужны две призмы.

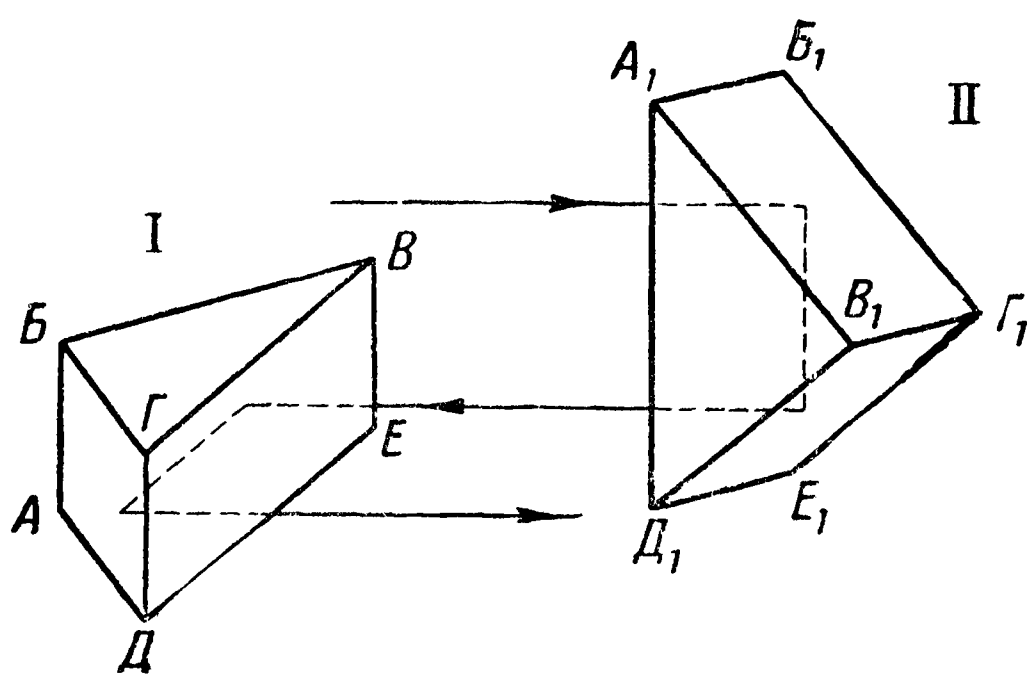


Рис. 16. Система призм Порро.

Существует много различных систем и призм полного обращения, но все они должны удовлетворять условию, чтобы луч, выходящий из них, составлял продолжение луча входящего или, по крайней мере, был ему параллельным, т. е. чтобы не произошло изменения направления луча.

Наиболее употребительна система призм Порро (рис. 16). Она состоит из двух равнобедренных прямоугольных призм (*I* и *II*), расположенных так, что преломляющие ребра *АБ* у одной — вертикальны, а $В_1Г_1$ у другой — горизонтальны, т. е. расположены так, как было показано на рис. 14 и 15; тогда одна призма (вертикальная) повернет изображение снизу вверх, а другая (горизонтальная) — справа налево. Кроме того, призма *I* изменит направление лучей на 180°,

а призма *II* — обратно на 180°. Значит, получится полное обращение, но изменения направления лучей не произойдет, а будет только параллельный сдвиг их.

§ 14. ПРИЗМА ПРАНДЕЛЯ (ПЕНТА-ПРИЗМА)

Призма Пранделя имеет пять граней и называется пента-призмой (рис. 17). Она сделана так, что две грани составляют угол 90°. Эти две грани и служат входящими и выходящими для лучей. Следующие две грани должны в своем продолжении давать угол в 45° (от этих граней лучи отражаются внутри призмы). Положение пятой грани особой роли не играет, и она обыкновенно делается так, чтобы остальные 4 угла были по $112^1/_2$°.

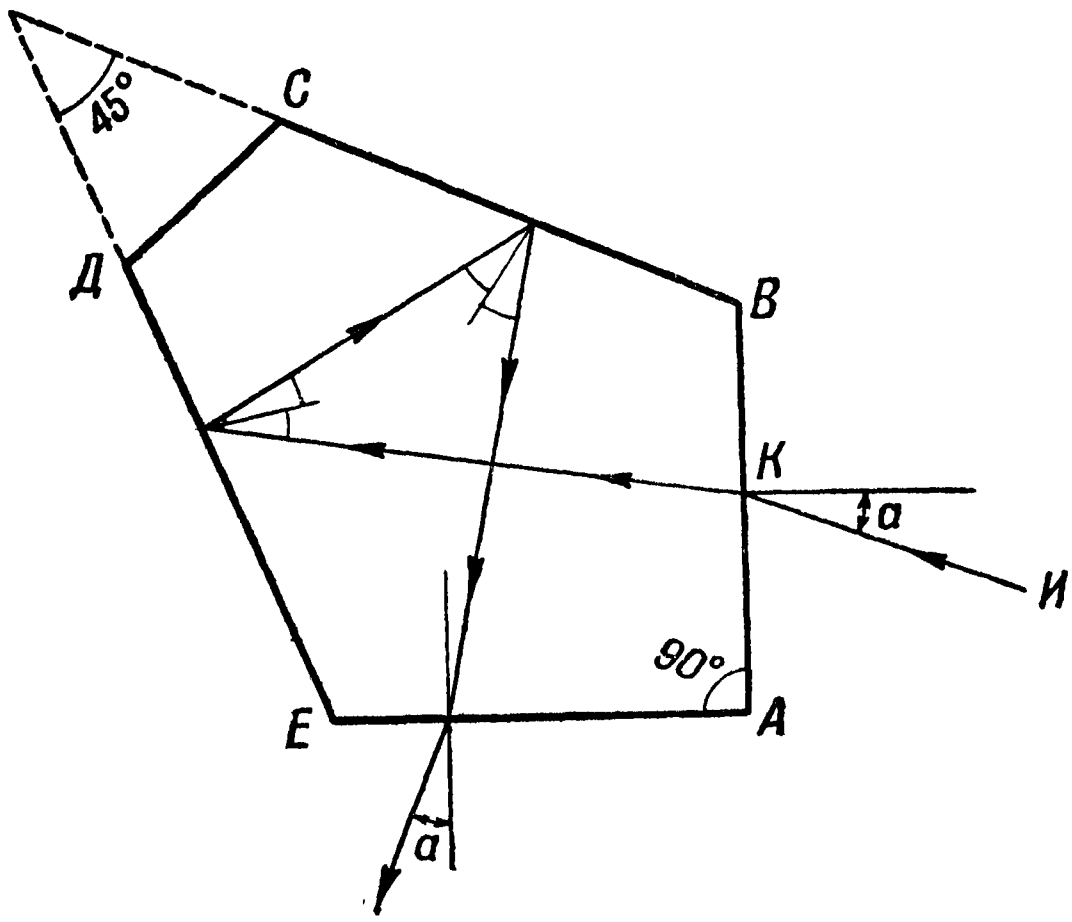


Рис. 17. Призма Пранделя (пента-призма).

Достоинство пента-призмы заключается в том, что она не дает зеркального изображения и отклоняет лучи всегда точно на 90°, независимо от того, под каким углом луч упал на нее; поэтому, если луч упадет на входящую грань под углом, например, *a*, то он и выйдет из призмы тоже под углом *a*, так как входящая и выходящая грани составляют угол 90°, и угол между входящим и выходящим лучом будет тоже 90°.

Благодаря ценному свойству пента-призм точно поворачивать лучи на 90°, они весьма употребительны во многих новейших оптических приборах. В дальномерах в качестве концевых отражателей часто ставятся пента-призмы.

§ 15. ОПТИЧЕСКИЕ СТЕКЛА (ЛИНЗЫ)

Линзы и их виды. Линзой, оптическим стеклом или чечевицей называют прозрачное стекло, ограниченное двумя сферическими (т. е. шаровыми) поверхностями или одной сферической поверхностью и плоскостью *MH* (2-я и 5-я линзы на рис. 18), причем сферическая поверхность может быть как вогнутая, так и выпуклая. Материалом, из которого приготовляются линзы, обыкновенно служит стекло, а окружающей средой является воздух.

Главная оптическая ось. Прямая ось O_1O_2, проходящая через центры сферических поверхностей линзы (черт. 19), называется главной оптической осью линзы.

Если одна из сферических поверхностей заменена плоскостью, то оптическая ось перпендикулярна к последней и проходит через центр другой поверхности.

Преломление лучей в линзах. Чтобы понять, каким образом преломляются лучи, проходящие через линзу, можно всякую линзу представить себе состоящей из большого количества чрезвычайно малых усеченных призм (рис. 19).

Так как призмы усеченные, то, чтобы увидеть величину преломляющего угла каждой призмы, нужно продолжить ее боковые грани до пересечения. Из рисунка видно, что наибольший преломляющий угол призм будет у краев стекла; в середине же стекла, вдоль оси, получится тонкая пластинка *абвг* с параллельными гранями *аг* и *бв*. Вследствие этого луч, идущий вдоль главной оси, будет перпендикулярен к этим граням и пройдет через стекло без преломления. Всякий другой (т. е. не центральный) луч, как видно из рис. 19, проходит через одну из чрезвычайно малых усеченных призм, обращенных своими основаниями либо к краям линзы, либо к ее середине. Поэтому любой проходящий через них луч эти призмы отклоняет к своему основанию.

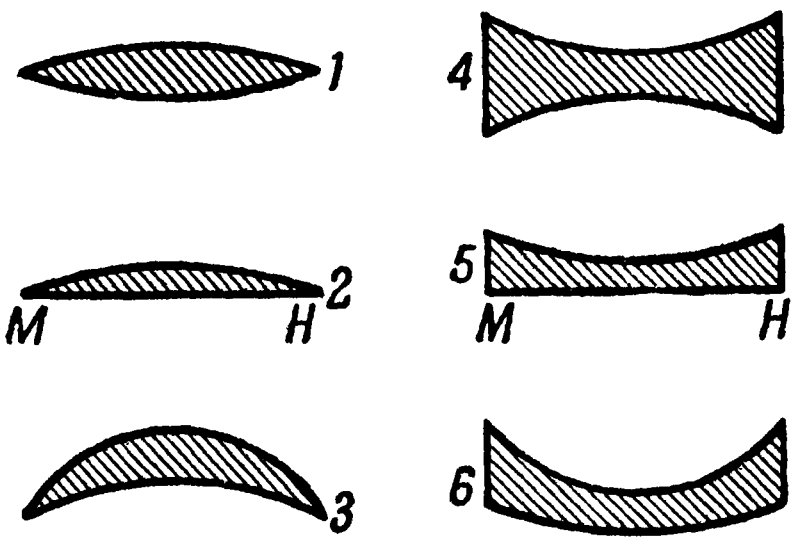


Рис. 18. Виды сферических стекол.

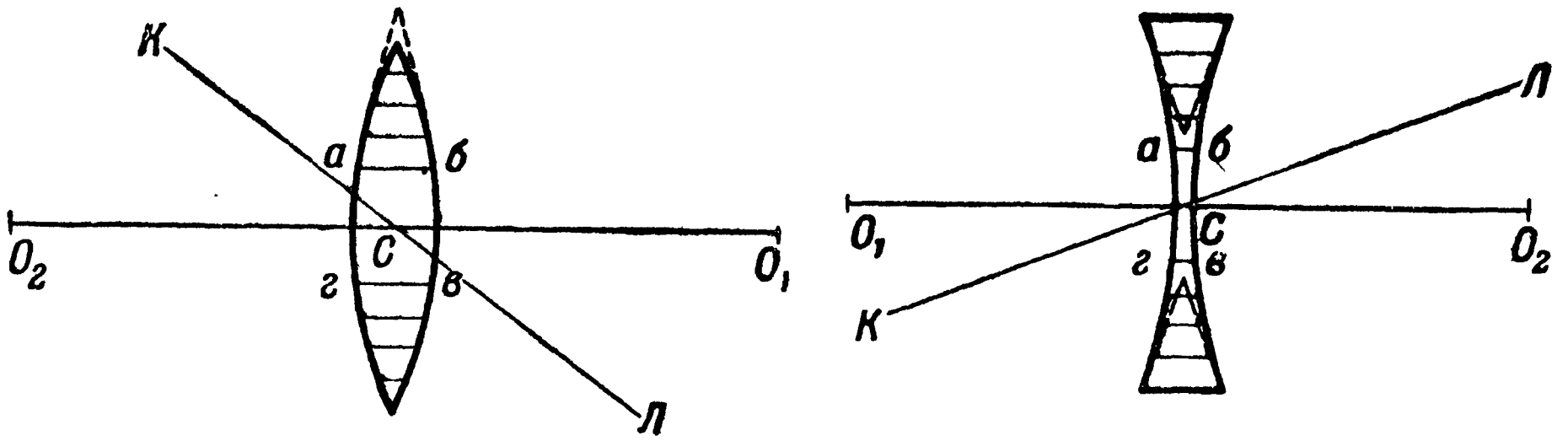


Рис. 19. Преломление лучей в линзах.

Собирательные линзы. Если отклонение лучей происходит по направлению к главной оси (рис. 21), то линза называется собирательной, ибо, как видно из рисунка, все лучи, падающие на такую линзу, пройдя через нее, как бы „собираются“ в одном месте, в точке *Ф*. Собирательные линзы называются также положительными.

Рассеивающие линзы. Если линза отклоняет проходящие через нее лучи по направлению от главной оси (т. е. к краям стекла), то линза называется рассеивающей (рис. 33), ибо лучи как бы „расходятся“ в стороны, отходя от главной оси стекла. Рассеивающие линзы называются также отрицательными.

Оптический центр. Каждая линза имеет на главной оптической оси такую точку, через которую считается, что все лучи, проходят без преломления. Точка эта называется оптическим центром линзы.

Всякая прямая, проходящая через оптический центр линзы, называется побочной осью.

Виды линз. Так как обе поверхности, ограничивающие линзы, могут быть либо обе сферические, либо одна сферическая, а другая плоская, то всего, как видно из рис. 18, возможны шесть видов линз:

собирательные:

1) двояковыпуклые;
2) плосковыпуклые;
3) вогнутовыпуклые;

рассеивающие:

4) двояковогнутые;
5) плосковогнутые;
6) выпукловогнутые.

Первые три вида линз, как видно из их названий, образовались от сочетания выпуклой поверхности с выпуклой, плоской и вогнутой поверхностями и представляют собой группу собирательных линз, ибо все они, поворачивая к оси проходящие через них лучи, собирают их благодаря тому, что состоят как бы из ряда усеченных призм, обращенных своими основаниями к середине линзы.

Остальные три вида линз образованы, как видно по их названиям, из сочетания вогнутой поверхности с вогнутой, плоской и выпуклой поверхностями; называются они рассеивающими (или рассеивательными), ибо при прохождении через них лучи расходятся в стороны, т. е. отклоняются от оси стекла.

Отличительные признаки линз. Из внешнего вида собирательных и рассеивающих линз (рис. 18) легко усматриваются их отличительные признаки: толщина собирательных линз к краям уменьшается, а толщина рассеивающих, наоборот, увеличивается. Иначе говоря, рассеивающие стекла в середине тоньше, а к краям толще; собирательные же — наоборот.

§ 16. СОБИРАТЕЛЬНЫЕ ЛИНЗЫ

Опыт показывает, что лучи, идущие к оптическим стеклам от какого-нибудь светящегося или освещенного предмета, по преломлении в стеклах могут давать действительные или мнимые изображения предмета. Действительным изображением предмета называется изображение, полу-

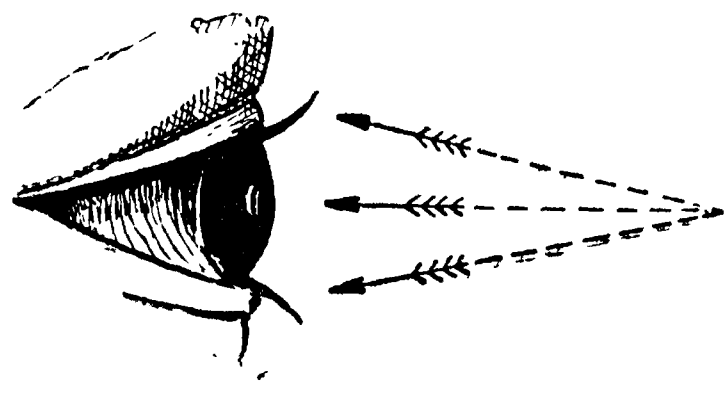


Рис. 20. Расходящийся пучок лучей, попадающий в глаз.

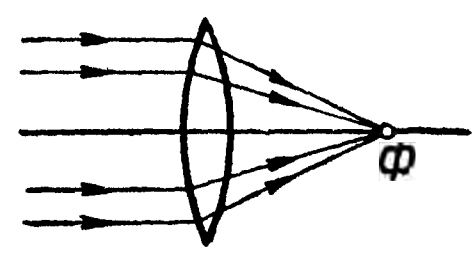


Рис. 21. Главный фокус собирательной линзы.

ченное действительным пересечением преломленных лучей; такое изображение предмета может быть получено на экране. Мнимым изображением предмета называется изображение, полученное воображаемым продолжением преломленных лучей; такое изображение, как не существующее в действительности, на экране получено быть не может. Такое изображение можно видеть только потому, что, получив в глаз расходящиеся лучи, мы смотрим по их направлению до кажущейся точки их пересечения, где и получается мнимое изображение предмета (рис. 20).

Разберем, при каких условиях получаются различные изображения в собирательных стеклах. Определим раньше всего фокусное расстояние стекла.

Фокусы линзы. Если на собирательную линзу упадет пучок лучей, идущих параллельно главной оптической оси, то лучи эти, пройдя линзу, сойдутся все в одной точке, находящейся на главной оси; точка эта называется главным фокусом линзы (рис. 21). Лучи могут падать параллельно оси линзы с двух противоположных сторон; соответственно этому у каждой линзы имеются два главных фокуса, расположенных по обеим сторонам линзы и называемых „передним“ и „задним“ фокусами, в зависимости от направления лучей.

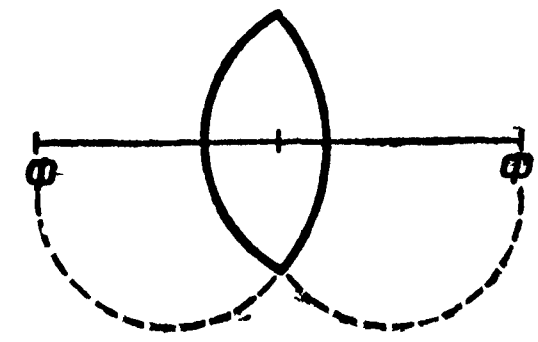


Рис. 22. Фокусное расстояние в обе стороны линзы одинаково, несмотря на разную выпуклость поверхностей.

Фокусное расстояние. Расстояние главного фокуса до оптического центра называется фокусным расстоянием и обозначается обыкновенно буквой *Ф*; если пренебречь толщиной линзы, то расстояние от обоих главных фокусов до линзы всегда одинаково, хотя бы выпуклости линзы с той и другой стороны были различны (рис. 22), т. е. если мы повернем линзу другой стороной к лучам, то они соберутся в точке на том же расстоянии от стекла, как и при первом положении.

Фокусное расстояние линзы зависит от кривизны обеих поверхностей ее, а также от показателя преломления вещества, из которого сделана

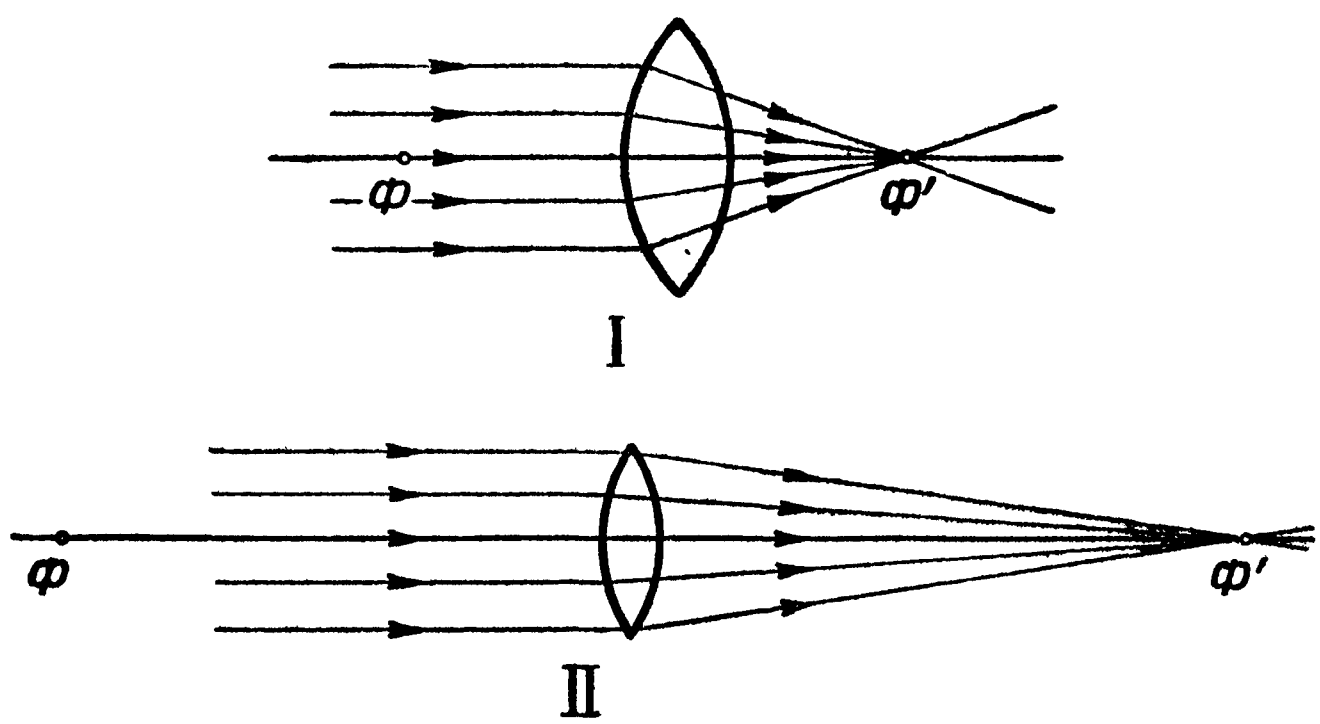


Рис. 23. У более выпуклой линзы фокус ближе.

линза. Чем выпуклее поверхности линзы (т. е. чем меньше радиусы, которыми они описаны), тем сильнее преломляются лучи и тем фокусное расстояние меньше (рис. 23). Чем показатель преломления больше, тем сильнее преломляются лучи и тем фокусное расстояние также меньше.

Если фокусное расстояние меньше, то, значит, линза сильнее преломляет лучи и не имеет большой силы; поэтому оптическая сила линзы является величиной, обратно пропорциональной фокусному расстоянию $\left(\frac{I}{\Phi}\right)$. На рис. 23 линза *I* сильнее, чем линза *II*, так как у первой фокусное расстояние меньше.

За единицу оптической силы линзы принимают одну диоптрию. Диоптрия — оптическая сила линзы, у которой фокусное расстояние равно 1 *м*.

Если стекло имеет фокусное расстояние $^1/_2$ *м*, то оптическая сила его будет 2 диоптрии и т. п.

Плоскости, проведенные через главные фокусы перпендикулярно главной оси, называются фокальными плоскостями.

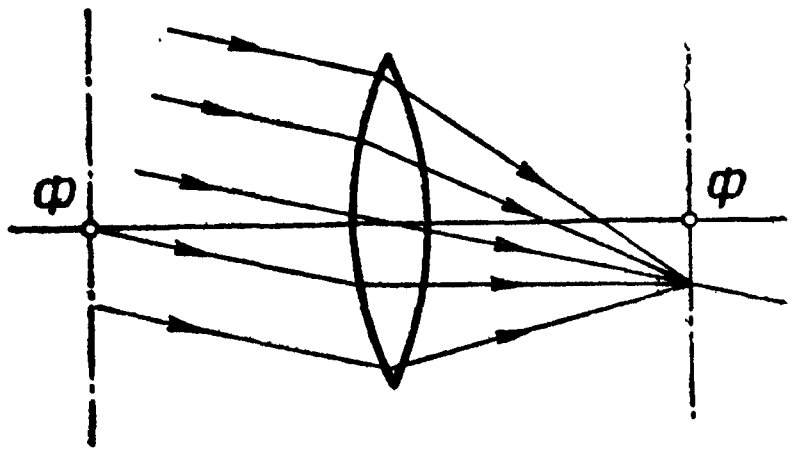


Рис. 24. Пучок параллельных лучей под углом к оси.

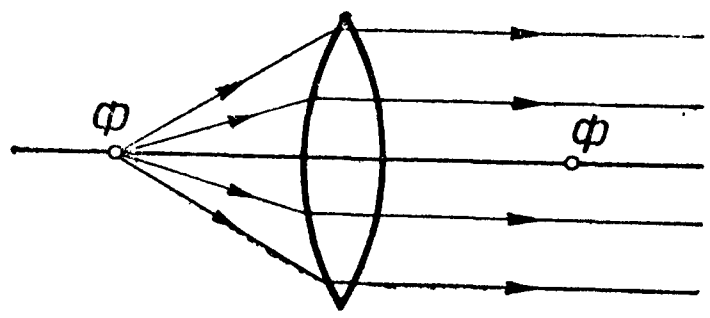


Рис. 25. Лучи, исходящие из фокуса линзы.

Так как главный фокус есть точка, в которой собираются лучи, шедшие параллельным пучком и параллельно главной оси, то в каждой точке фокальной плоскости будут собираться лучи, шедшие параллельным пучком, но под углом к оси (рис. 24).

Чтобы найти ту точку на фокальной плоскости, где пересекутся все лучи параллельного пучка после прохождения ими собирательного стекла, нужно взять из этого пучка параллельных лучей тот луч, который проходит точно через оптический центр стекла, и продолжить его до пересечения с фокальной плоскостью. В этой точке и соберутся все остальные лучи параллельного пучка после прохождения ими линзы.

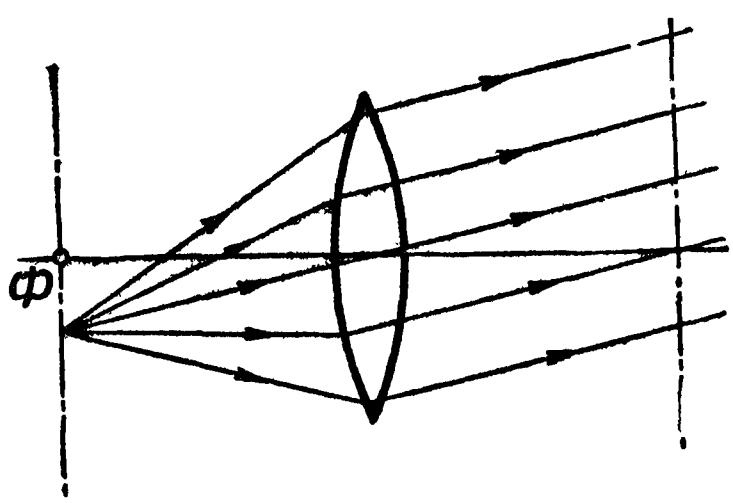


Рис. 26. Лучи из точки на фокальной плоскости.

Если поместить светящуюся точку в главном фокусе линзы, то лучи, пройдя ее, пройдут параллельно главной оси (рис. 25). Это следует из закона преломления света, который говорит, что лучи падающий и преломленный переместимы, т. е. если поместить источник света в ту точку, где раньше собирались после преломления в линзе лучи, то теперь лучи, пройдя линзу, пойдут по тому направлению, по которому они шли в первом случае до линзы, т. е. параллельно главной оси.

Точно так же, если поместить источник света в какой-нибудь точке фокальной плоскости (случай, обратный изображенному на рис. 24), то лучи, пройдя линзу, пойдут пучком параллельных лучей (рис. 26).

Направление этого параллельного пучка лучей дает луч, идущий от светящейся точки через оптический центр линзы (проходящий без преломления), и все лучи, пройдя линзу, пойдут параллельно его направлению.

§ 17. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СОБИРАТЕЛЬНЫХ ЛИНЗАХ

В предыдущем параграфе было сказано, что если на линзу падает пучок параллельных лучей (параллельные лучи идут от предмета, находящегося очень далеко от стекла), то, преломившись в линзе, они все соберутся в точке, находящейся на фокальной плоскости. Если теперь приближать предмет к линзе, то лучи, исходящие от каждой точки предмета, уже не могут считаться параллельными, и они становятся по мере приближения предмета к линзе все более и более расходящимися. Линза теперь уже не в силах настолько преломить лучи, чтобы они сосредоточились в главном фокусе, и чем предмет будет ближе, тем фокус его будет дальше от стекла.

Не надо путать названий „главный фокус линзы“ (точка пересечения пучка параллельных лучей после преломления в линзе) с „фокусом“ или изображением светящейся точки, находящейся на конечном расстоянии (точка пересечения пучка лучей, исходящих от этой светящейся точки, после преломления в линзе). Ясно, что главный фокус у данного стекла есть величина постоянная, а фокусов разных точек может быть сколько угодно.

Одно и то же собирательное стекло может давать разные изображения одного и того же предмета: увеличенное или уменьшенное, прямое или обратное и, наконец, действительное или мнимое, в зависимости от того, как удален предмет от стекла, дальше ли он двойного фокусного расстояния (2Φ) стекла, дальше ли фокусного расстояния (Φ) и, наконец, находится ли предмет на расстоянии, меньшем, чем фокусное расстояние стекла.

Из предыдущего известно, что исходящие от каждой точки предмета лучи, будучи преломлены линзой, соберутся в точках, которые и будут изображениями каждой точки предмета.

Для построения изображения каждой точки предмета нужно брать из каждого пучка лучей всего лишь два луча, так как для получения точки нужно пересечение двух прямых; поэтому берут такие два луча, направление которых после преломления в линзе известно.

От каждой точки предмета исходит очень большое число лучей во все стороны, но только некоторая часть их упадет на линзу; из этого пучка можно выбрать луч, идущий параллельно главной оптической оси, и, кроме того, взять луч, идущий к оптическому центру линзы, так как направление первого после преломления в линзе будет к заднему главному фокусу, а второй пройдет через стекло без преломления, т. е. направление его после прохождения стекла не изменится (рис. 27).

В точку пересечения a этих двух лучей придут и все остальные лучи, исходящие от точки A предмета и упавшие на линзу; но построить точку a (изображение точки A предмета) можно лишь потому, что направление двух выбранных лучей после прохождения их через линзу известно; поэтому в дальнейшем все построения изображения предметов будем производить посредством таких двух лучей.

Построим теперь изображение предмета, помещая его на различных расстояниях от линзы; так как в настоящем курсе разбираются только такие линзы, у которых толщина не принимается в расчет, то при

черчении лучше всего фокусное расстояние отсчитывать от оптического центра стекла в ту и другую сторону.

Случай 1-й: $Д = \infty$. Пусть предмет находится очень далеко (например, звезда или солнце). Тогда расстояние до него $Д$ может считаться бесконечно большим, т. е. равным бесконечности ($Д = \infty$), и идущие от него к линзе лучи будут параллельны между собой (рис. 24).

Известно, что такие параллельные лучи, преломившиеся в линзе, дадут изображение позади стекла в главной фокальной плоскости, т. е. на расстоянии $Ф$ от стекла.

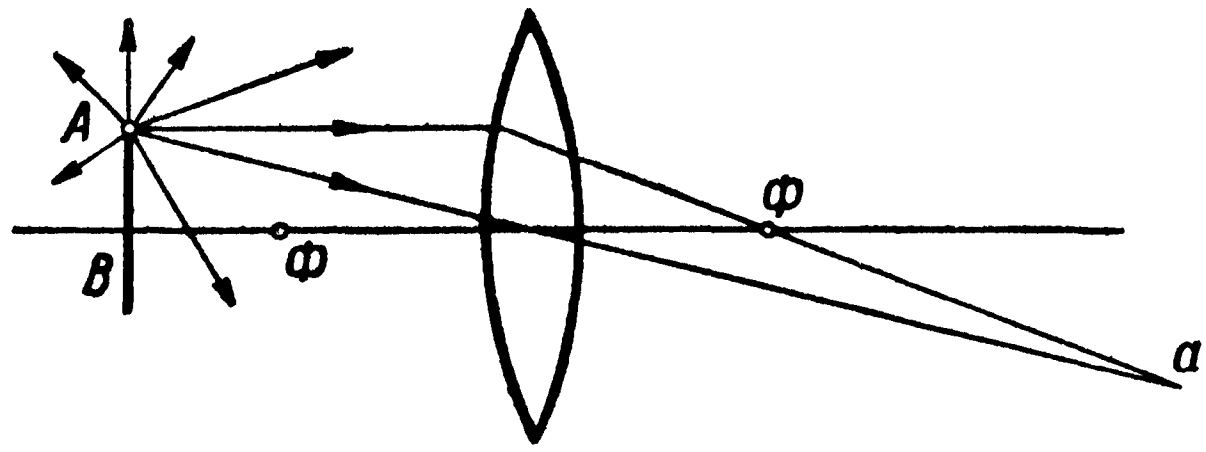


Рис. 27. Выбор из пучка двух лучей, направление которых после линзы известно.

Чтобы определить характер полученного в этом случае изображения, сделаем его построение. Из пучка параллельных лучей, идущих от верхней точки предмета, возьмем два луча: один, направляющийся к оптическому центру стекла, и второй, проходящий через передний главный фокус. Первый пройдет линзу без преломления, а второй, преломившись, пойдет параллельно главной оси. В точке пересечения будет изображение верхней точки предмета.

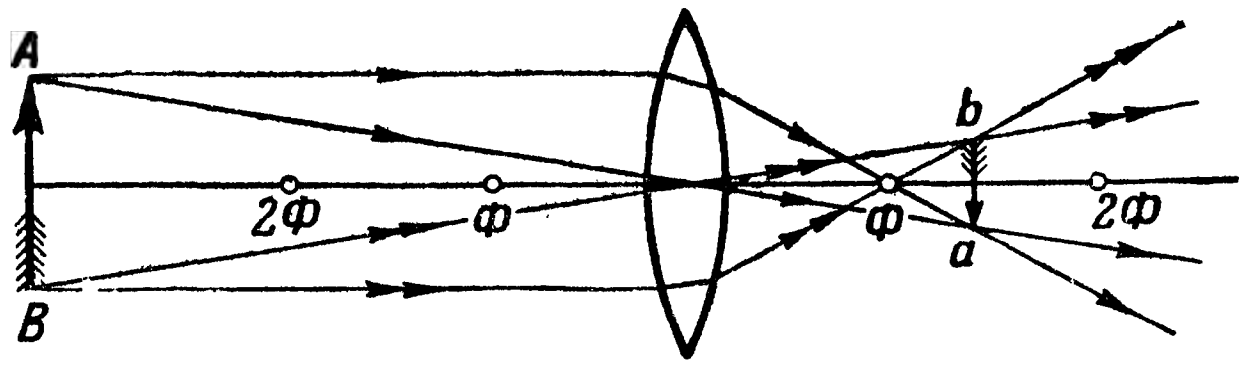


Рис. 28. Построение изображения в собирательной линзе; предмет дальше двойного фокусного расстояния.

Случай 2-й: $Д > 2Ф$. Поставим предмет на расстоянии большем, чем двойное фокусное расстояние стекла (рис. 28). Возьмем от верхней точки A предмета два луча и, начертив их путь, получим точку a — изображение точки A предмета. Точно так же от нижней точки B предмета возьмем два луча (лучи от нижней точки предмета обозначены с 2 стрелками) и получим точку b — изображение точки B предмета. Все остальные точки предмета от A до B дадут свои изображения в промежутке от a до b, и потому строить все эти промежуточные точки мы не будем, а, получив верхнюю и нижнюю точки изображения, соединим их между собой. Как видно, построенное изображение получилось по другую сторону линзы—между главным фокусом и двойным главным

фокусом; оно будет уменьшенное, обратное и действительное, т. е. там действительно происходит пересечение преломленных линзой лучей, и получится изображение на экране.

Случай 3-й: $Д = 2Ф$. Поставим теперь предмет на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию стекла (рис. 29).

Как видно из рисунка, изображение получается по другую сторону стекла; оно будет равное по величине предмету, обратное и действительное.

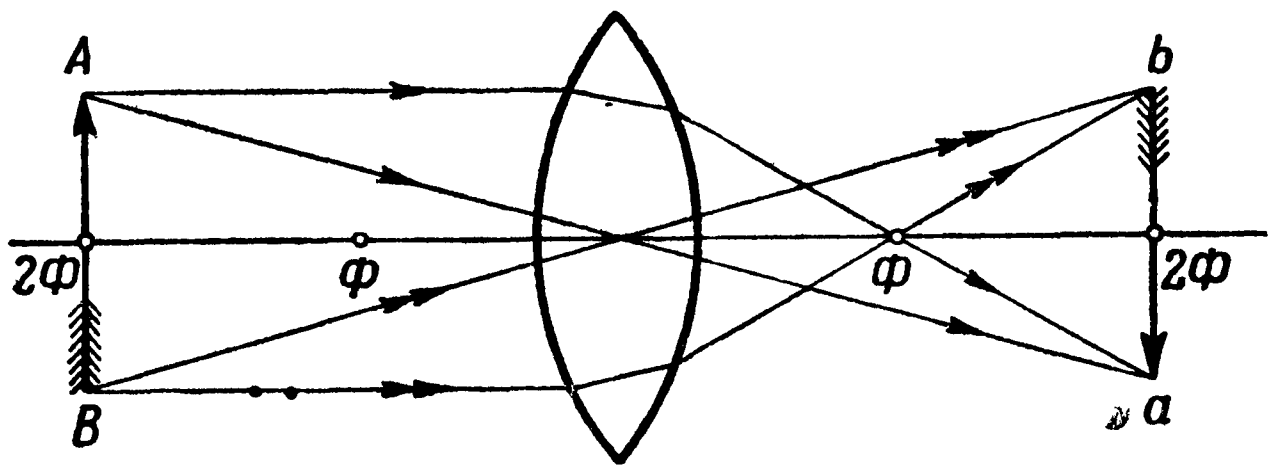


Рис. 29. Построение изображения в собирательной линзе; предмет в двойном фокусе.

Случай 4-й: $Д > Ф$. Если поставить предмет между главным фокусом и двойным фокусом (рис. 30), например, как раз в том месте, где в первом случае получилось изображение, то изображение получится по другую сторону стекла — за двойным фокусом; оно будет обратное, увеличенное и действительное. При этом надо заметить, что так как предмет сейчас поставлен в том месте, где в первом случае получено

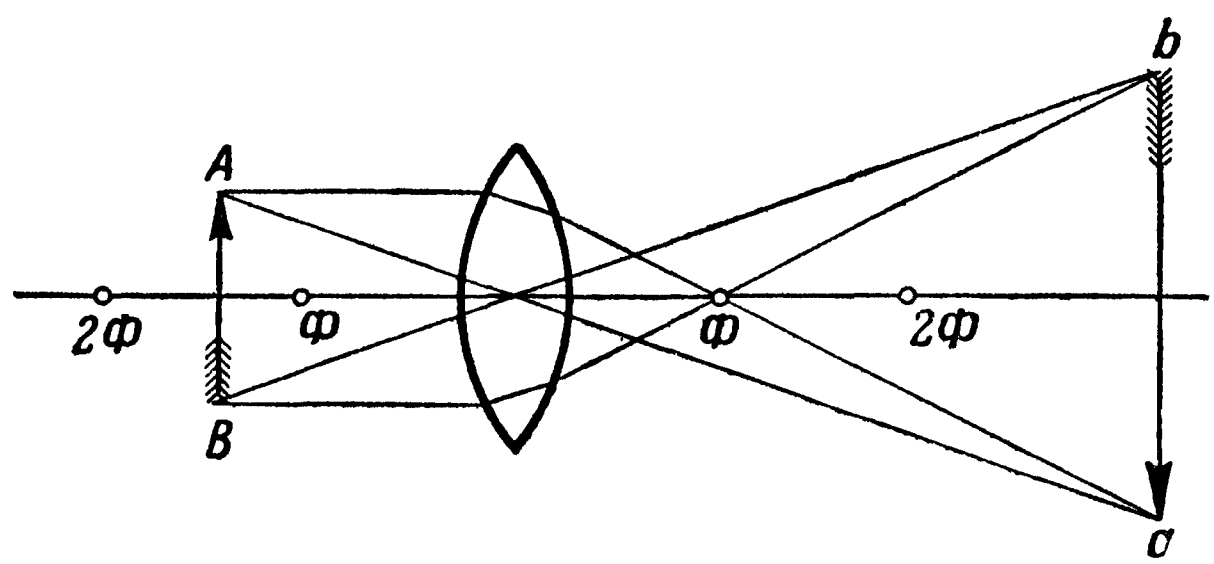


Рис. 30. Построение изображения в собирательной линзе; предмет между фокусом и двойным фокусом.

изображение, то сейчас изображение получится в том месте (на таком же расстоянии от стекла), где в первом случае был предмет; это вытекает из закона преломления света, говорящего, что лучи падающий и преломленный переместимы.

Случай 5-й: $Д = Ф$. Если предмет поставить в главном фокусе (рис. 31), то, как видно из построения, лучи от каждой точки предмета после преломления в линзе пойдут пучками параллельных лучей, а как известно, параллельные пучки лучей пересекаются в бесконечности; поэтому, если предмет помещен в главном фокусе стекла, то изображе-

ние его получится в бесконечности, т. е. практически изображения не получится вовсе.

Случай 6-й: $Д < Ф$. Если предмет поместить между фокусом и линзой (рис. 32), то после преломления в стекле лучи от каждой точки предмета пойдут расходящимся пучком, следовательно, пересечения преломленных лучей не будет, и потому получить в этом случае действительного изображения предмета нельзя. Получая в глаз такие рас-

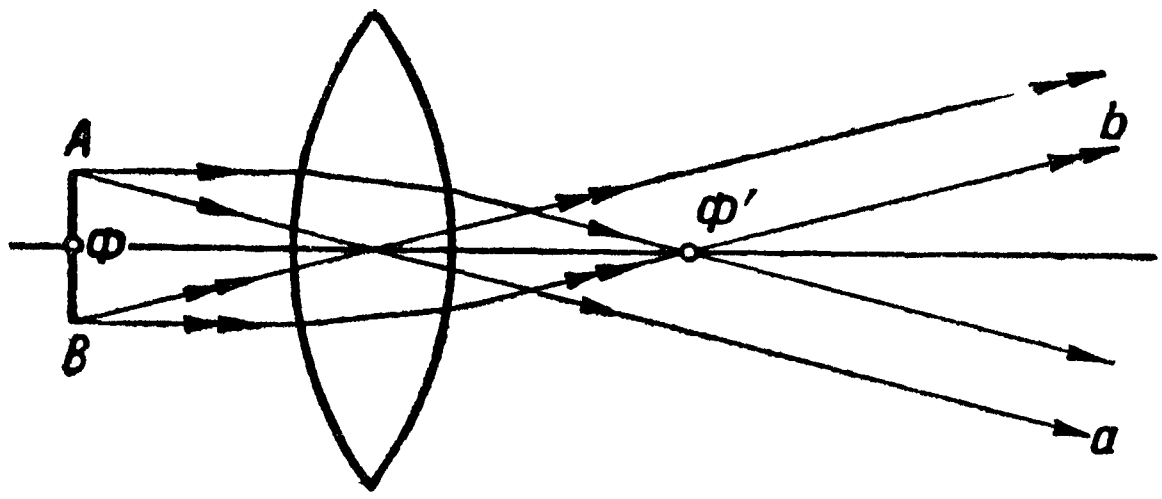


Рис. 31. Построение изображения в собирательной линзе; предмет в главном фокусе.

ходящиеся пучки лучей, мы будем смотреть по их направлению и, мысленно продолжая их до точки пересечения каждого пучка, увидим в каждом пересечении их каждую точку предмета (на рисунке сплошной линией показан действительный ход лучей, а пунктирной — воображаемое продолжение их); это будет так называемое „мнимое“ изображение предмета. Таким образом, помещая предмет между фокусом и стеклом,

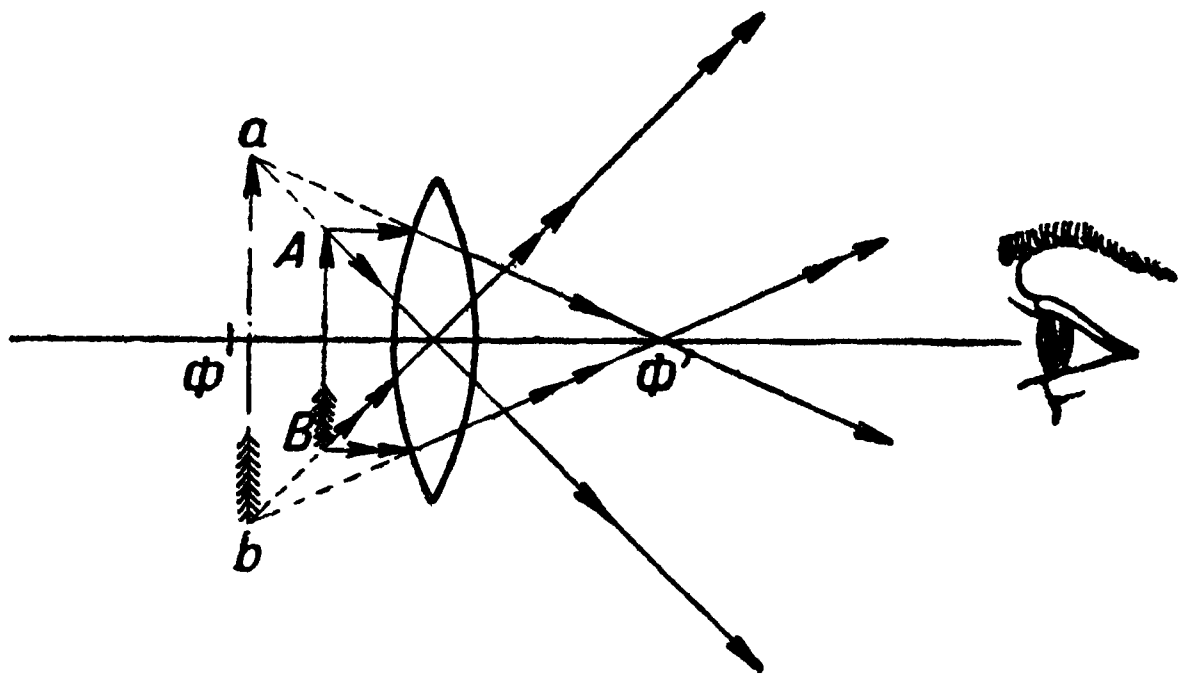


Рис. 32. Построение изображения в собирательной линзе; предмет между фокусом и линзой (лупа).

получим изображение по ту же сторону стекла, что и предмет; оно будет, как видно из рисунка, увеличенное, прямое и мнимое.

Последний случай имеет практическое применение для разглядывания мелких предметов: чтобы увидеть их в увеличенном виде, пользуются собирательным стеклом, ставя его так, чтобы предмет оказался между фокусом и стеклом. Такая линза — обыкновенно с очень выпуклыми поверхностями и потому сильная, вставленная в оправу с ручкой,— носит название **лупы**. Смотря на предмет через лупу, мы будем ви-

деть уже не предмет, а только его изображение в увеличенном виде, отнесенное несколько дальше, чем фактически находится сам предмет; при этом изображение будет тем больше увеличено, чем предмет находится ближе к фокусу, т. е. дальше от стекла. Кроме того, сила увеличения лупы зависит еще от того, насколько отдален глаз от стекла: выгоднее всего держать лупу как можно ближе к глазу.

§ 18. РАССЕИВАТЕЛЬНЫЕ ЛИНЗЫ. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАССЕИВАТЕЛЬНЫХ ЛИНЗАХ

Если мы разобьем рассеивательную линзу на большое число элементарных призм, то они окажутся вершинами к середине стекла, а основаниями к краям стекла. Лучи, пройдя их, отклонятся к краям стекла и, следовательно, будут удаляться от главной оптической оси и пересечения не создадут.

Если мы возьмем пучок параллельных лучей (рис. 33) и параллельных главной оси, то, пройдя стекло, пучок станет расходящимся; если мы мысленно продолжим этот расходящийся пучок обратно, то продолжение всех лучей пересечется в одной точке, находящейся по ту же сторону стекла, что и светящаяся точка, и нам будет казаться, что все лучи будто бы выходят из этой точки. Точка эта называется мнимым главным фокусом этой линзы. Если же лучи направить в мнимый фокус, то после преломления в стекле они пойдут пучком параллельных лучей (рис. 34).

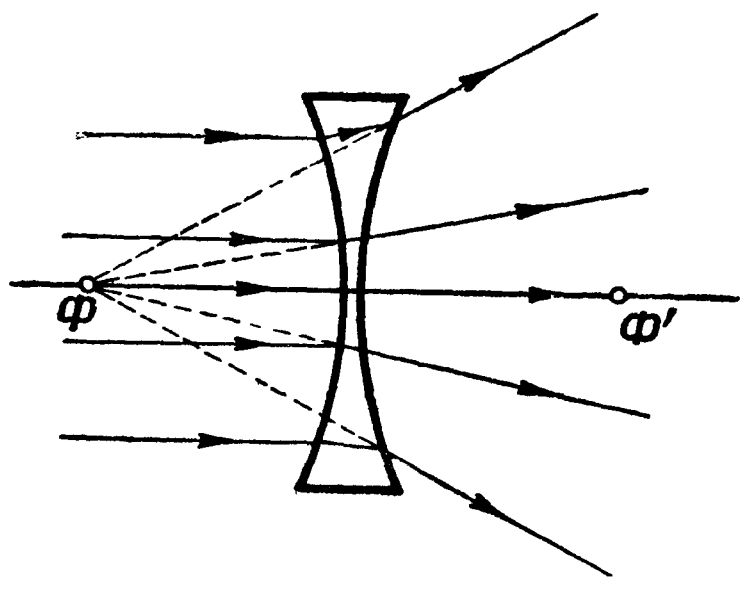


Рис. 33. Главный фокус рассеивательной линзы.

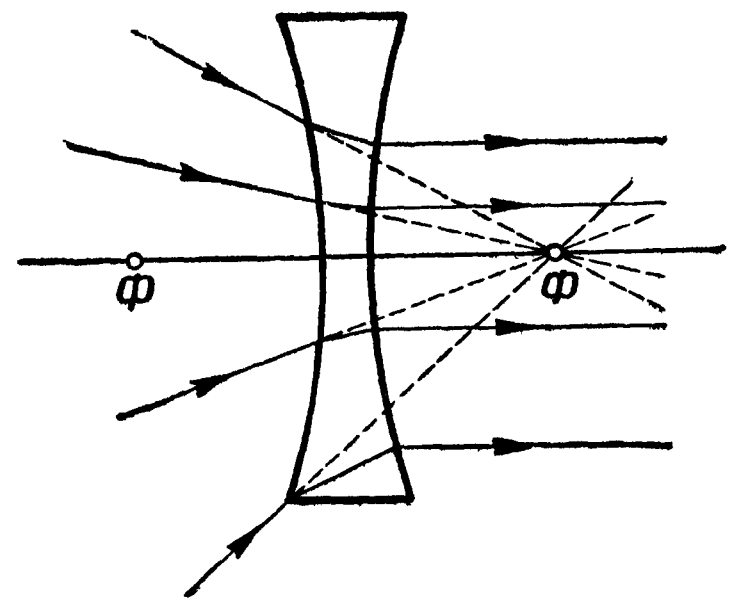


Рис. 34. Сходящийся пучок лучей, направляющийся к фокусу рассеивательной линзы.

Если мы возьмем пучок параллельных лучей, образующих с главной оптической осью некоторый угол (рис. 35), то после преломления в стекле он обращается в расходящийся, и нам будет казаться, что все лучи выходят из одной точки (пересечение побочной оси с фокальной плоскостью) по ту же сторону стекла, что и светящаяся точка.

Если же мы имеем пучок сходящихся лучей, направляющихся к какой-нибудь точке фокальной плоскости (рис. 36), то после преломления в стекле он пойдет пучком параллельных, направление его даст побочная ось, проведенная через ту же точку плоскости.

Возьмем предмет и построим изображение его (рис. 37). Луч, проходящий через оптический центр, идет не преломляясь; другой луч, иду-

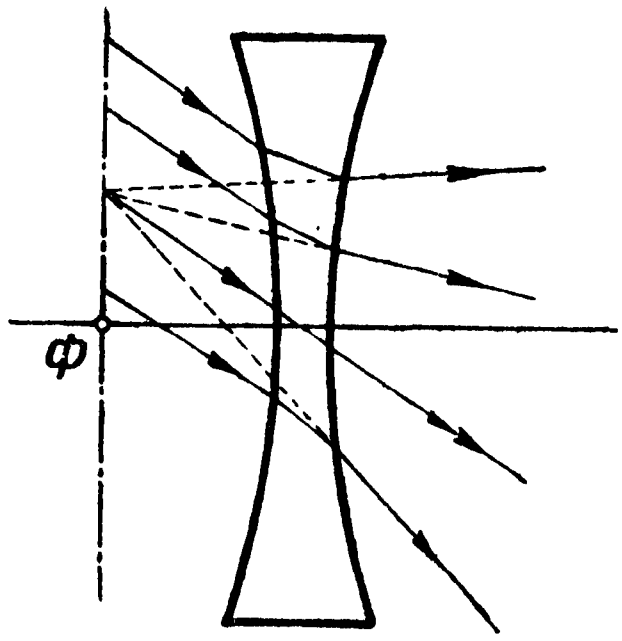


Рис. 35. Пучок параллельных лучей под углом к оси.

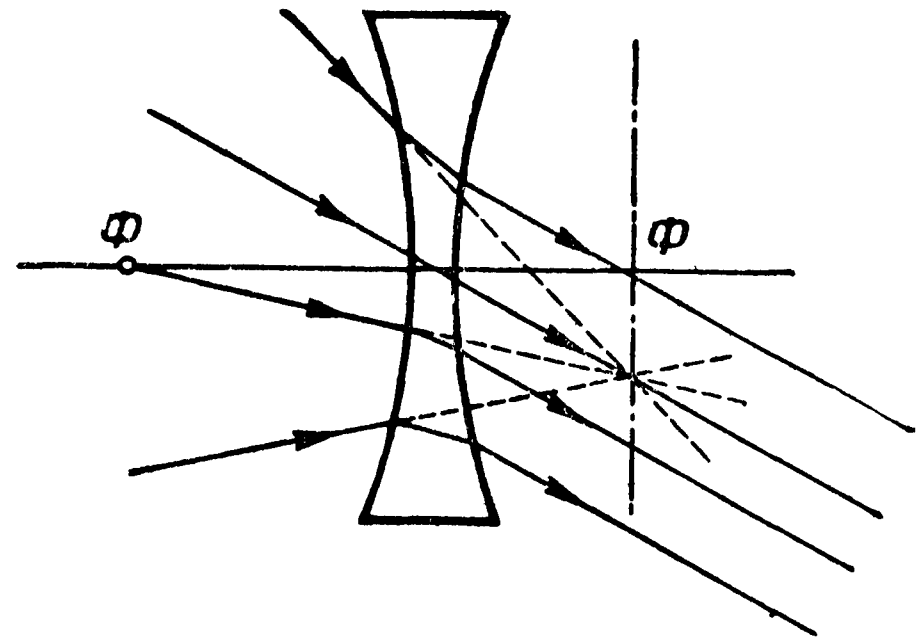


Рис. 36. Сходящийся пучок, направляющийся к точке на фокальной плоскости.

щий параллельно главной оси, пройдя стекло, отклонится от оси, причем его мысленное продолжение назад пройдет через мнимый главный фо-

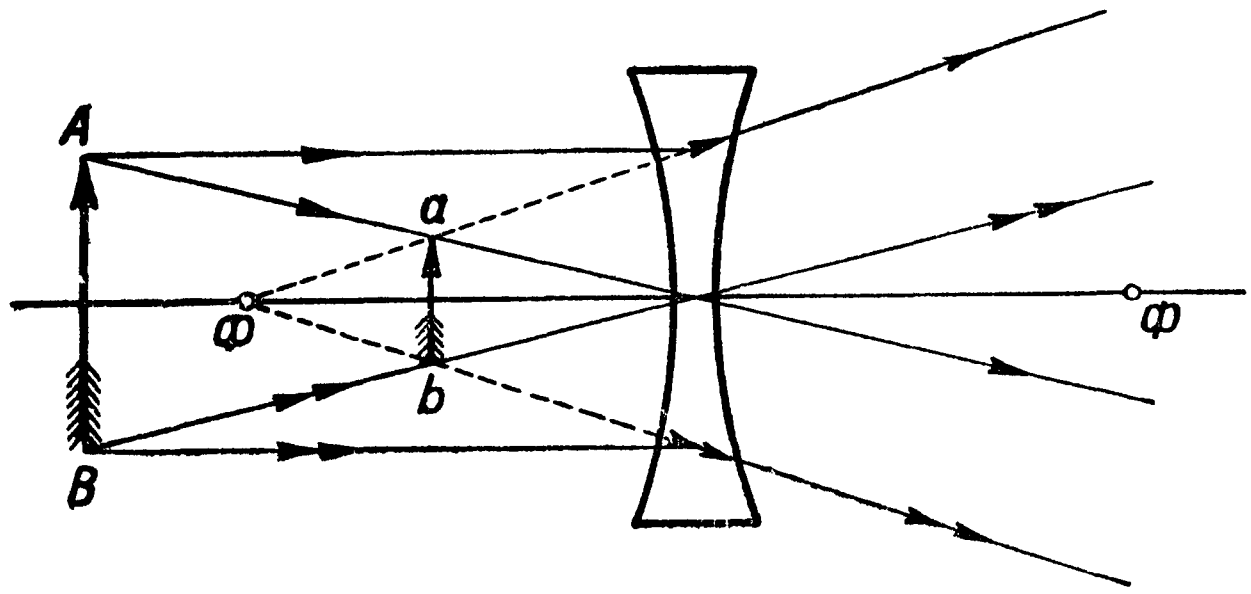


Рис. 37. Построение изображения в рассеивательной линзе.

кус и в пересечении с первым лучом даст точку мнимого изображения предмета.

Как видим, изображение будет всегда мнимое, уменьшенное и прямое и ближе к стеклу, чем предмет, где бы мы его ни поставили.

§ 19. РАССЕЯНИЕ СВЕТА

До сих пор мы рассматривали луч как нечто неделимое при преломлении. Это положение совершенно справедливо, пока мы имеем дело с монохроматическим (однородным) светом; белый же луч при преломлении разлагается на ряд цветных лучей так называемого спектра (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый). Явление это носит название светорассеяния или дисперсии или хроматизма и показывает, что:

1) глаз получает впечатление белого света, когда соединены пучки всех цветов вместе, и

2) лучи света разных цветов имеют различные показатели преломления.

Если по пути белого луча поставить призму, то луч, войдя в нее, не только претерпит преломление, но и разложится при первом же преломлении на семь цветов спектра. Каждый из этих цветных лучей, выходя из призмы, опять преломится, причем каждый из них будет иметь свой показатель преломления; наибольшая преломляемость будет у фиолетового луча, а наименьшая—у красного.

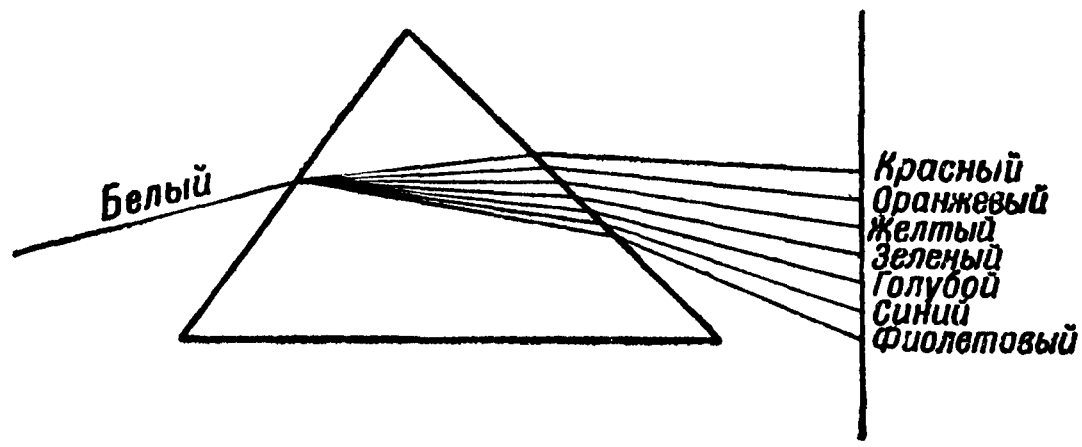


Рис. 38. Разложение белого луча на 7 цветных.

Кроме видимой части спектра имеется еще и невидимая, образуемая лучами инфракрасными и ультрафиолетовыми. Первые из них можно обнаружить по их тепловому действию, а вторые—по химическому действию на фотографическую пластинку. Показатель преломления у инфракрасных лучей меньше, чем у красных, а у ультрафиолетовых—больше, чем у фиолетовых.

§ 20. О СПЕЦИАЛЬНЫХ СОРТАХ ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Стекла по своим оптическим свойствам разделяются на две главные группы: кронгласы и флинтгласы.

Первые обыкновенно имеют меньший показатель преломления и значительно меньшую дисперсию, чем вторые.

В настоящее время производство оптических стекол сильно двинулось вперед. Некоторые заводы изготовляют до 120 различных сортов стекол.

Приготовление таких стекол имеет громадное значение для практической оптики, и только благодаря им удалось сделать возможным дальнейшие новейшие усовершенствования в постройке микроскопов, астрономических труб и т. п., так как подбором различных сортов стекла устранялись различные аберрации (§ 22 и 23), кроме того, имея громадный выбор стекол с разнообразнейшими данными, можно подобрать сорт стекла, отвечающий данному заданию.

§ 21. АХРОМАТИЧЕСКИЕ ПРИЗМЫ

Так как белый луч, проходя через призму, не только отклоняется к основанию ее на нужный нам угол, но и разлагается на цвета спектра, то для уничтожения этого чрезвычайно вредного явления стали применять составные призмы, сделанные из различных сортов стекла, основываясь на следующем.

Если взять две совершенно одинаковые призмы, но сделанные из различных сортов стекла: флинтгласовую (рис. 39) и кронгласовую (рис. 40), и бросить на них лучи света под одинаковыми углами падения, то так как показатель преломления флинтгласа больше показателя

преломления кронгласа, первая призма отклонит луч больше (угол отклонения D у флинтовой призмы больше). Кроме показателя преломле-

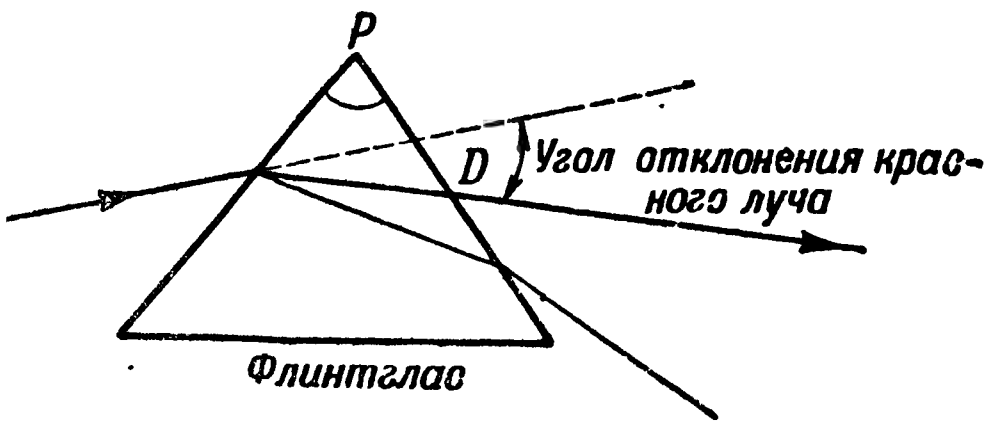


Рис. 39. Дисперсия и угол отклонения луча у флинтгласовой призмы.

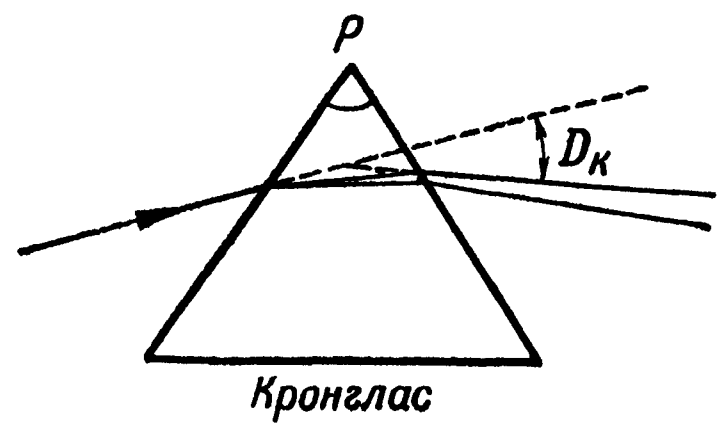


Рис. 40. Дисперсия и угол отклонения луча у кронгласовой призмы.

ния, каждый сорт стекла характеризуется еще дисперсией, т. е. длиной спектра, который получается по проходе луча через призму. Длина спектра флинтгласа, т. е. его способность разложить белый луч на более длинный спектр цветных лучей, гораздо больше таковой у кронгласа. Вот на этом соотношении, что флинт дает спектр почти в два раза больше, чем крон, в то время как лучи флинт преломляет сравнительно немного сильнее крона, основано устройство ахроматической призмы, т. е. призмы, которая отклоняет лучи к основанию, не давая видимого окрашивания.

На рис. 41 даны солнечные спектры лучей, пропущенных через две одинаковые призмы, но одна призма из флинта, а другая—из крона.

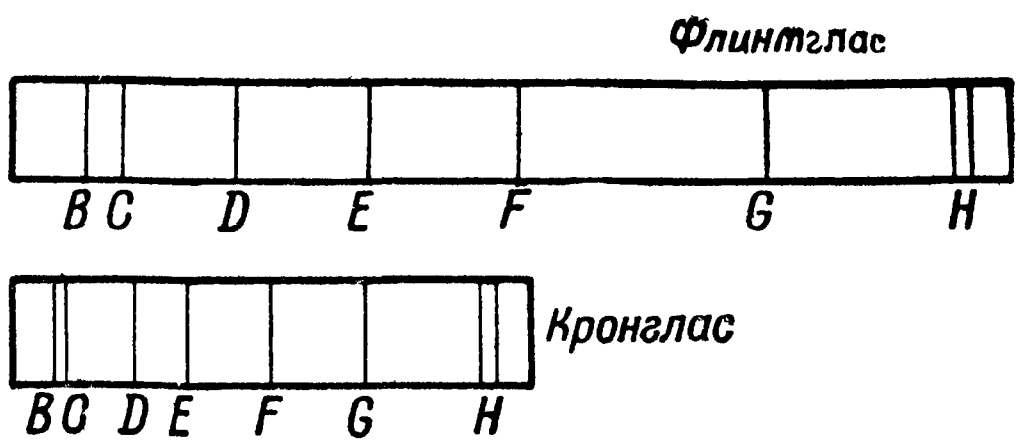


Рис. 41. Спектры флинтгласовой и кронгласовой одинаковых призм.

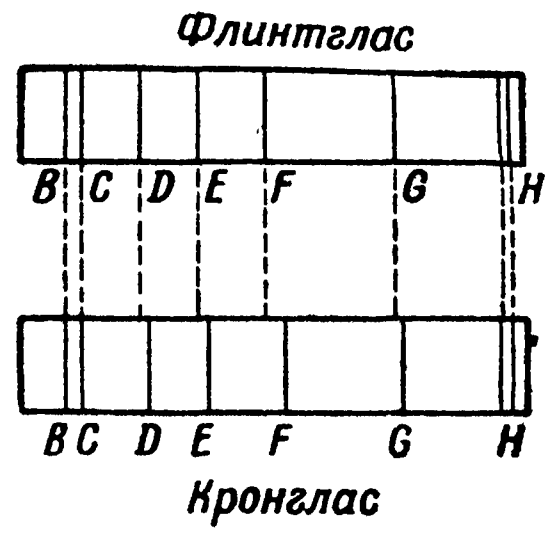


Рис. 42. Спектры флинтгласовой и кронгласовой призм (флинтгласовая вдвое тоньше).

Будем уменьшать теперь преломляющий угол P у флинтгласовой призмы до тех пор, пока длина спектра не станет равной длине спектра у кронгласовой призмы.

Для этого придется сделать флинтгласовую призму почти в два раза тоньше, благодаря чему и угол отклонения луча станет в два раза меньше, и призма из более слабого вещества крона, но более толстая, станет больше отклонять лучи, чем призма из более сильного вещества, флинта, но более тонкая. Величины же спектров у них будут одинаковые (рис. 42).

Если две призмы—кронгласовую с бо́льшим углом преломления и флинтгласовую с меньшим—поставить так, чтобы преломляющие ребра их были обращены в разные стороны (рис. 43), то так как они будут иметь одинаковое светорассеяние, вторая призма настолько же сдвинет лучи, насколько первая их раздвинет (так как фиолетовый луч сильнее отклоняется) и, следовательно, пройдя обе эти призмы, красный и фиолетовый лучи пойдут параллельно, и тогда глаз получит впечатление белого луча.

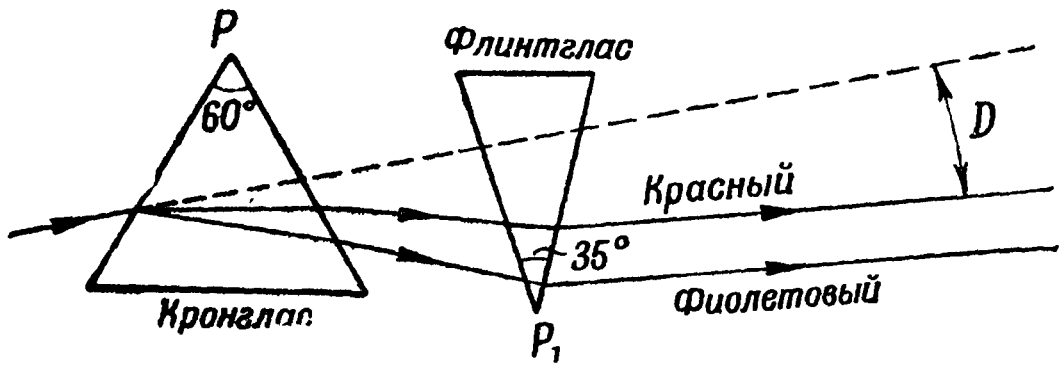


Рис. 43. Ахроматическая призма.

§ 22. СФЕРИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ

Пучок параллельных лучей, идущий от бесконечно удаленной точки (параллельно главной оси), падает на некоторую линзу на различной высоте от оси (рис. 44). Опыт показывает, что, преломившись в этой линзе, лучи не соберутся все в заднем ее фокусе, а пересекут ось в различных точках, причем чем ближе к краю линзы они упадут, тем сильнее они преломятся в линзе и, следовательно, тем ближе к ней пе-

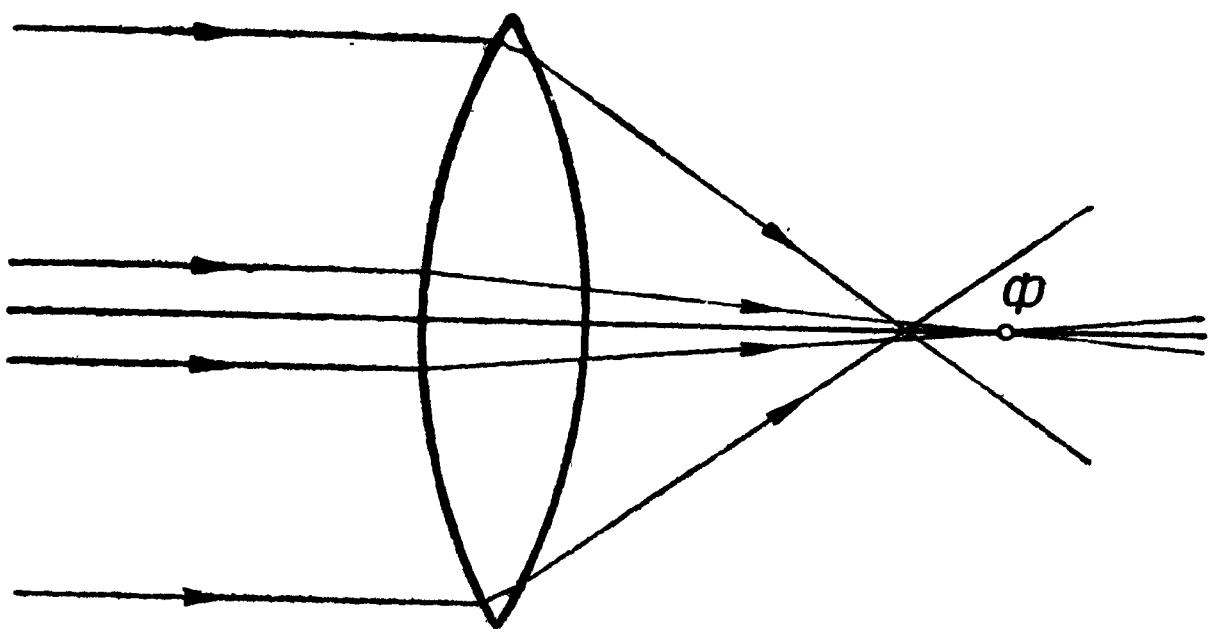


Рис. 44. Сферическая аберрация линзы.

ресекут оптическую ось. Явление это называется сферической аберрацией линзы. Благодаря сферической аберрации изображение может получиться неотчетливым.

§ 23. ХРОМАТИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ

Белый луч, исходящий из точки O, после преломления в линзе разложится на цветные лучи (так как линза рассматривается как состоящая из элементарных призм) и вследствие этого не соберется к одной точке, даже если сферическая аберрация будет уничтожена: фиолетовые лучи пересекут главную ось ближе к стеклу, а красные—дальше, как менее преломляющиеся (рис. 45).

Вследствие этого на оси точки пересечения лучей не получится, а вместо точки получится окрашенный кружок. При приближении экрана к линзе края кружка будут красного цвета, а при некотором удалении— фиолетового, середина же кружка будет бесцветна, так как там смешиваются все цветные лучи. Явление это называется хроматической аберрацией. Для уничтожения ее в линзах следует так же, как и в ахроматических призмах, прибавлять к положительной линзе отрицательную с меньшей оптической силой (т. е. с меньшей преломляемостью), но с большой дисперсией ее вещества (флинт). Таким образом, можно построить, например, собирательную ахроматическую систему, собирающую красные и фиолетовые лучи в одну точку на главной оси.

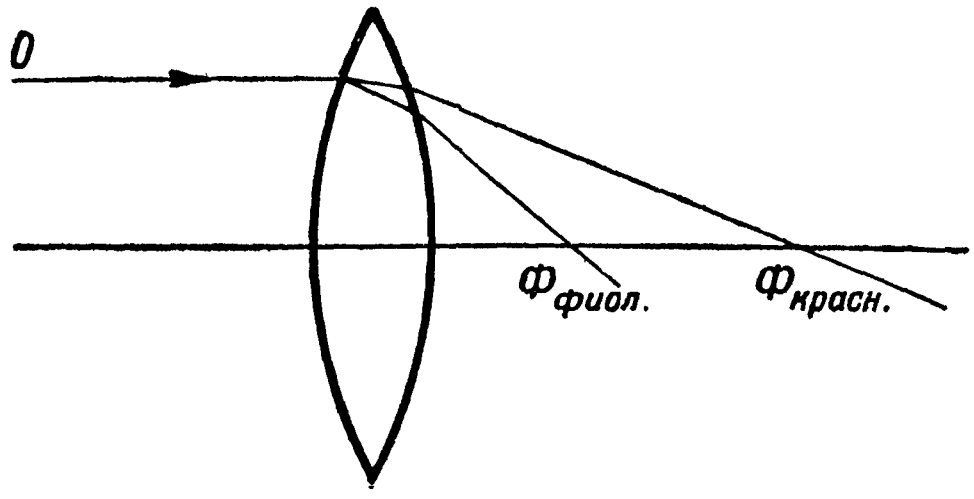


Рис. 45. Хроматическая аберрация линзы.

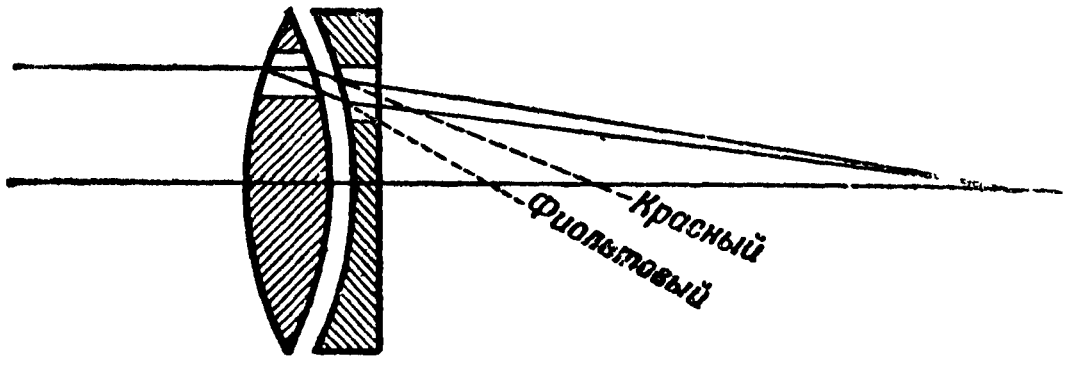


Рис. 46. Ахроматическая линза.

За каждой элементарной призмой располагается вторая призма, отклоняющая лучи в противоположную сторону, а так как фиолетовый луч преломляется сильнее красного, то, проходя через вторую призму, он отклонится сильнее, и можно так подобрать флинтгласовое рассеивательное стекло, чтобы красный и фиолетовый лучи пересеклись в одной точке (рис. 46).

Исправление как сферической, так и хроматической аберраций может быть достигнуто комбинацией двух линз, собирательной и рассеивательной. Радиусы кривизны их поверхностей вычисляют, принимая во внимание одновременно обе аберрации. Радиусы внутренних поверхностей линз обыкновенно делаются одинаковыми, что дает возможность склеивания линз.

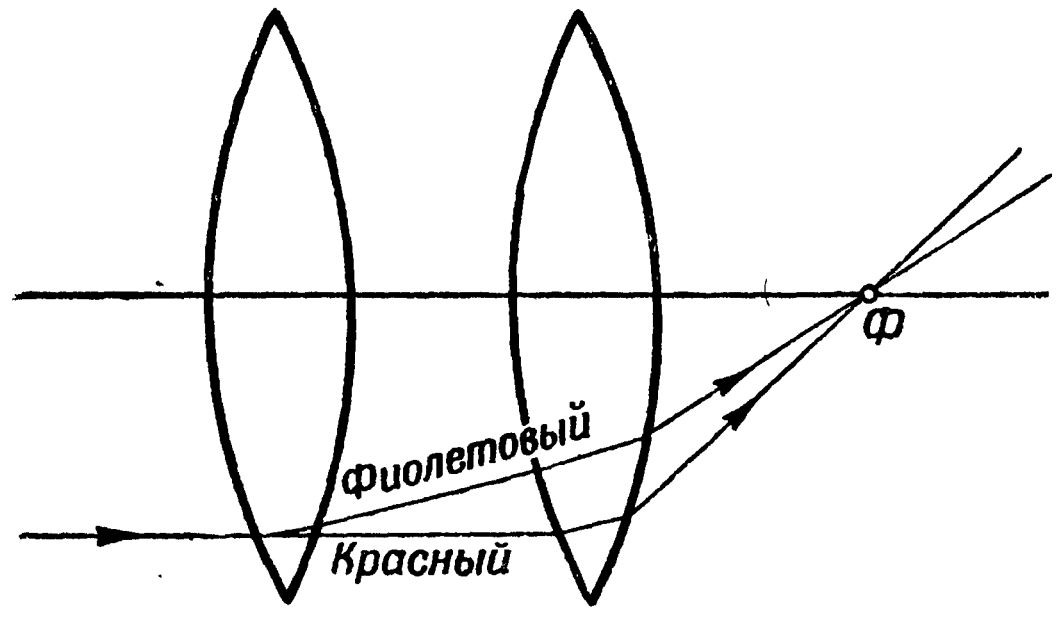


Рис. 47. Уничтожение хроматической аберрации двумя собирательными линзами.

Возможно уничтожение хроматической аберрации двумя одинаковыми стеклами, сделанными из одного материала (рис. 47); для этого их надо установить на некотором расстоянии друг от друга.

Входящий в первую линзу белый луч разложится на цветные лучи, которые попадут на вторую линзу на разных расстояниях от оси, а мы

знаем, что элементарные призмы, составляющие линзу, тем сильнее преломляют, чем они дальше от главной оси; поэтому фиолетовый луч во второй линзе отклонится меньше, чем красный, и можно рассчитать расстояния между линзами так, чтобы они попали в одну точку.

§ 24. УСТРОЙСТВО ГЛАЗА

Видимый снаружи глаз человека представляет собой часть глазного яблока. Разрез глаза показан на рис. 48.

Оболочкой глазного яблока служит белое непрозрачное роговое вещество, называемое склеротикой *6*, в передней части глаза она переходит в прозрачную роговую оболочку *1*.

Склеротика внутри покрыта сосудистой оболочкой *5*, представляющей собой систему кровеносных сосудов. В передней части глаза она переходит в радужную оболочку *2* (по цвету которой мы называем глаза— голубые, карие и т. п.). В середине радужной оболочки имеется круглое отверстие—зрачок *10*. Радужная оболочка имеет способность изменять величину отверстия зрачка. Делается это само собой, помимо воли человека, именно: зрачок уменьшается при усилении света и увеличивается при ослаблении—этим самым регулируется количество света, попадающее в глаза. Днем при ярком свете диаметр зрачка — около 2 *мм*, а ночью — около 7,5 *мм*. У различных людей пределы эти различны.

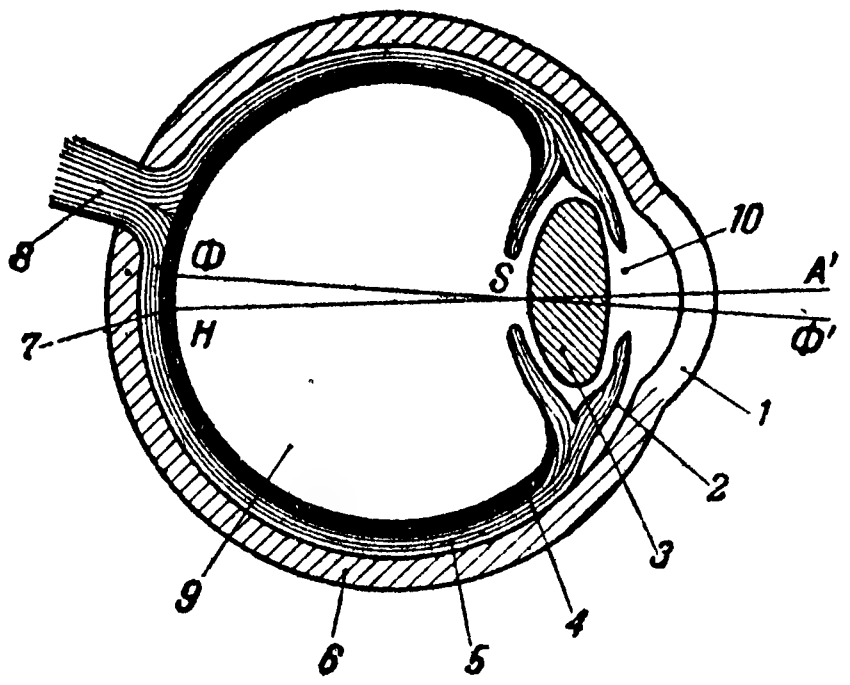


Рис. 48. Устройство глаза.

Внутренняя часть сосудистой оболочки, покрытая разветвлением глазного зрительного нерва *8*, называется сетчаткой или ретиной *4*. Задняя часть ее, противолежащая зрачку, окрашена в желтый цвет и называется желтым пятном *7*. В нем сосредоточено наибольшее количество тончайших нервных кончиков. Количество нервных кончиков на сетчатке очень велико (несколько миллионов), и на них-то и ложится изображение предмета, получающееся в результате преломления лучей при прохождении их через хрусталик. Хрусталик *3* представляет собой двояковыпуклое прозрачное тело, охватываемое с двух краев кольцеобразной мышцей. Весь глаз внутри заполнен прозрачным студенистым веществом *9*.

Лучи, идущие от предмета, преломляются в прозрачном веществе глаза и в хрусталике и дают действительно обратное и уменьшенное изображение предмета на сетчатке, которая как бы служит экраном для хрусталика. Получившееся изображение воспринимается мельчайшими кончиками разветвления зрительного нерва и по зрительному нерву передается в мозг. Только когда это изображение получилось на ретине резко, мы увидим предмет отчетливо. Но хрусталик в своем обыкновенном положении строит изображение точно на ретине только когда предмет находится далеко, т. е. когда в глаз попадают пучки параллельных

лучей, между тем мы можем отчетливо видеть как близкие, так и отдаленные предметы. Это достигается так называемой аккомодацией, т. е. приспособляемостью глаза; заключается она в том, что хрусталик может менять свою выпуклость, а стало быть, и фокусное расстояние.

Вглядываясь в какой-либо предмет, глаз самоприспособляется, т. е. дает такую выпуклость хрусталику, чтобы точки пересечения лучей (изображение предмета) получались как раз точно на ретине. Изменение кривизны хрусталика производится сдавливанием его с боков кольцеобразной мышцей. Таким образом, хрусталик становится более плоским (мышца отпускает его), когда мы смотрим на отдаленные предметы, и более выпуклым (мышца сдавливает его), когда предмет близко. Аккомодация имеет свой предел, т. е. мышца может сдавливать хрусталик до определенной выпуклости; следовательно, если мы, рассматривая какой-нибудь предмет, поднесем его слишком близко к глазу, то будем видеть его уже неясно, так как изображение его получится не на ретине, а дальше ее (хрусталик не может иметь такой выпуклости, чтобы преломить лучи достаточно для пересечения их на ретине).

Ближней точкой глаза называется расстояние до предмета, когда изображение его получается точно на ретине, а хрусталик сжат доотказа, т. е. имеет наибольшую выпуклость (обыкновенно у человека до 30 лет оно составляет около 12 *см*). Но с таким напряжением соединено неприятное ощущение, и глаз быстро утомляется; поэтому мы помещаем рассматриваемый предмет обыкновенно на таком расстоянии, при котором исчезает это неприятное ощущение, а мелкие детали предмета видны хорошо; оно называется расстоянием наилучшего зрения. Это и есть то расстояние, на котором мы обыкновенно держим работу, книгу, когда читаем, и т. п. У нормального глаза расстояние наилучшего зрения — 25 *см*, а вообще у каждого человека приблизительно в два раза больше расстояния ближней точки.

Дальней точкой глаза называется расстояние до предмета, когда изображение его получается точно на ретине, а хрусталик находится в своем спокойном состоянии, т. е. мышца не сдавливает его совсем (для нормального глаза это бесконечность).

Уклонением от нормальных глаз являются глаза близорукие и дальнозоркие. У близоруких глаз хрусталик ненормально выпуклый, с коротким фокусным расстоянием[1]. Поэтому изображение удаленного предмета получается не на ретине, а ближе ее, т. е. „дальняя точка“ (спокойное состояние хрусталика) будет на конечном расстоянии, но зато и „ближняя точка“ будет на значительно меньшем расстоянии; поэтому близорукие люди могут поднести предмет гораздо ближе к глазу, чем люди с нормальными глазами. Чтобы помочь близорукому глазу, надо заставить параллельные лучи, идущие от отдаленного предмета, перед входом в глаз слегка разойтись. Это достигается установкой перед глазом рассеивательной линзы. Ясно, что при очень выпуклом хрусталике нужно брать сильную рассеивательную линзу, такую, чтобы уменьшить ею силу хрусталика до нормальной. Эти линзы и составляют очки.

Противоположный недостаток глаз — дальнозоркость. У дальнозорких глаз хрусталик ненормально плоский, с слишком длинным фокусным

---

[1] Или глазное яблоко вытянуто.

расстоянием[1]; поэтому, преломляя лучи слишком слабо, глаз видит хорошо лишь отдаленные предметы (так же, как нормальный глаз). Изображение же близких предметов, которые нормальный глаз видит хорошо, дальнозоркий видит расплывчато, так как изображение их получается за ретиной. Дальнозоркие должны носить очки с собирательными линзами, которые будут увеличивать силу хрусталика, заставляя лучи от близкого предмета несколько сойтись перед поступлением их в глаз. В таком случае хрусталик сможет преломить их так, чтобы они пересеклись на ретине, а не позади ее, как без очков; дальнозоркий с такими очками будет видеть так же, как и человек с нормальными глазами (собирательная линза берется тем сильнее, чем более плоский хрусталик у дальнозоркого).

К старости у людей кольцеобразная мышца часто ослабевает и не может поэтому давать большую выпуклость хрусталику, как раньше. Вот почему многие старики, видя хорошо отдаленные предметы, не могут читать без очков (старческая дальнозоркость).

Полем зрения глаза называется угол, охватывающий часть пространства, видимого неподвижным глазом одновременно. В вертикальном направлении поле зрения глаза около 120°, а в горизонтальном направлении поле зрения одного глаза — около 150°, но в действительности мы используем лишь ничтожную часть этого угла, а именно: угол в $1 - 1\,{}^1/_2{}^\circ$, соответствующий середине желтого пятна. Это объясняется тем, что там находится наибольшее количество нервных кончиков, и поэтому изображение, которое легло на них, будет видно гораздо более отчетливо, чем в том случае, когда оно легло бы на другую часть ретины. Вся остальная часть ретины служит лишь для грубой ориентировки.

Углом зрения называется угол, составленный прямыми, мысленно проведенными от центра зрачка глаза к двум крайним точкам рассматриваемого предмета.

Смотря на один и тот же предмет с разных расстояний, мы будем получать разные углы зрения, причем ясно, что чем предмет ближе, тем угол зрения на него больше, и наоборот. По мере удаления предмета угол зрения на него уменьшается, соответственно с чем будет уменьшаться и изображение этого предмета на сетчатке глаза. Наконец, изображение предмета будет настолько мало, что различить его мы уже не сможем, так как верх предмета сольется с его низом в одно целое. Оказывается, что наши органы зрения устроены так, что мы различаем предмет раздельно только в том случае, если изображение его легло на сетчатку глаза не меньше, как на три кончика нерва, так как два рядом стоящих кончика нерва реагируют, как один.

Минимальное расстояние на ретине, при котором получаются еще раздельные впечатления, для нормального глаза считается около 0,004 *мм*, а угол зрения на этот предмет будет тогда около 1′ (одной угловой минуты). У разных людей этот угол различный. Угол этот называется разрешающей силой глаза. Ясно, что человек, у которого этот угол меньше, сможет на большем расстоянии различать предмет, чем тот, у которого этот угол больше. Поэтому величиной этого угла зрения

---

[1] Или глазное яблоко сжато.

определяют „остроту зрения“ человека, считая, что чем меньше этот угол зрения, тем острота зрения больше. Угол зрения в 1′ принимается за единицу остроты зрения; значит, человек, имеющий меньший угол зрения — в $^1/_2{}'$, имеет остроту зрения 2 и т. д. Надо добавить, что при благоприятных условиях вследствие особенностей действия глаза человек различает несведенную линию, если угловая величина этого несведения около 10″.

Большая острота зрения есть достоинство глаза, и не надо путать ее с дальнозоркостью, которая (как и близорукость) есть не что иное, как ненормальность зрения.

§ 25. ЗРЕНИЕ ДВУМЯ ГЛАЗАМИ

Зрение обоими глазами дает преимущество перед зрением одним глазом главным образом благодаря возможности воспринимать глубину пространства, т. е. различать взаимное удаление разных предметов на местности. Происходит это потому, что видимое правым глазом представляется нам не вполне одинаковым с тем, что мы видим левым глазом.

Если, держа перед своим носом карандаш, будем смотреть на него поочередно одним и другим глазом, закрывая при этом второй глаз, то заметим, что карандаш как бы передвигается и закрывает различные места на противоположной стене. При этом увидим, что правый глаз охватывает больше правую сторону предмета, а левый — левую, что особенно заметно при рассмотрении кубика (например, игральной кости), когда правую его сторону видит только правый глаз, а левую — только левый глаз. Глядя двумя глазами сразу на карандаш, мы видим не два различных карандаша, а один, потому что оба изображения, как бы накладываясь в нашем мозгу одно на другое, сливаются в одно. Чем предмет ближе, тем изображение его в одном глазу больше отличается от изображения в другом.

Предмет, находящийся очень далеко, даст одинаковое изображение в обоих глазах. Теперь ясно, что когда мы смотрим на предметы обоими глазами, то можно отличать удаление их друг от друга, так как различно получившиеся изображения в правом и левом глазах дают впечатление различно отстоящих от нас предметов. Таким образом, глядя обоими глазами, мы (до определенной дальности) различаем взаимное удаление предметов одного относительно другого.

Это примерно изображено на рис. 49. Когда предмет A находится очень далеко, т. е., как говорят, в бесконечности, то лучи от него идут параллельно. Изображения этого предмета в правом и левом глазах (a_1 и a_2) лягут на одинаковые нервы сетчатки. Если же предмет находится в другой точке, в точке B, на конечном расстоянии, то в левом глазу его изображение будет в той же точке b_1, т. е. там же, где и от точки a_1; в правом же глазу оно будет в другой точке — b_2, отстоящей от первой точки a_2. При этом очевидно, что чем предмет ближе, тем точки b_2 и a_2 будут дальше одна от другой. Чем расстояние до предмета больше, тем несоответствие изображения менее заметно, и, наконец, когда оба изображения одинаковы, тогда сказать, ближе этот предмет или дальше, чем другие удаленные предметы, уже нельзя.

Предельное расстояние, при котором мы еще можем различать, что один предмет ближе другого, весьма удаленного, называется радиусом стереоскопического зрения.

У каждого человека радиус стереоскопического зрения зависит от остроты зрения и от расстояния между глазами человека.

Для одного глаза весь пейзаж будет казаться почти плоским, и потому, смотря одним глазом на местность, труднее сказать, какой предмет ближе, а какой дальше; достаточно же открыть второй глаз, как получается полное представление взаимных удалений предметов.

Но и при зрении обоими глазами, в случае, если оба изображения получаются одинаковыми (когда предметы очень удалены), точного пред-

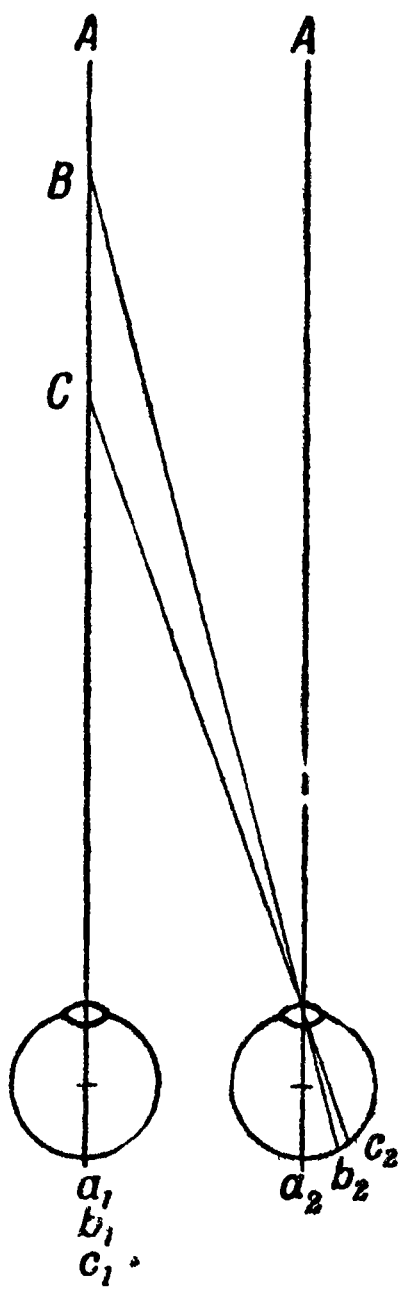


Рис. 49. Зрение двумя глазами.

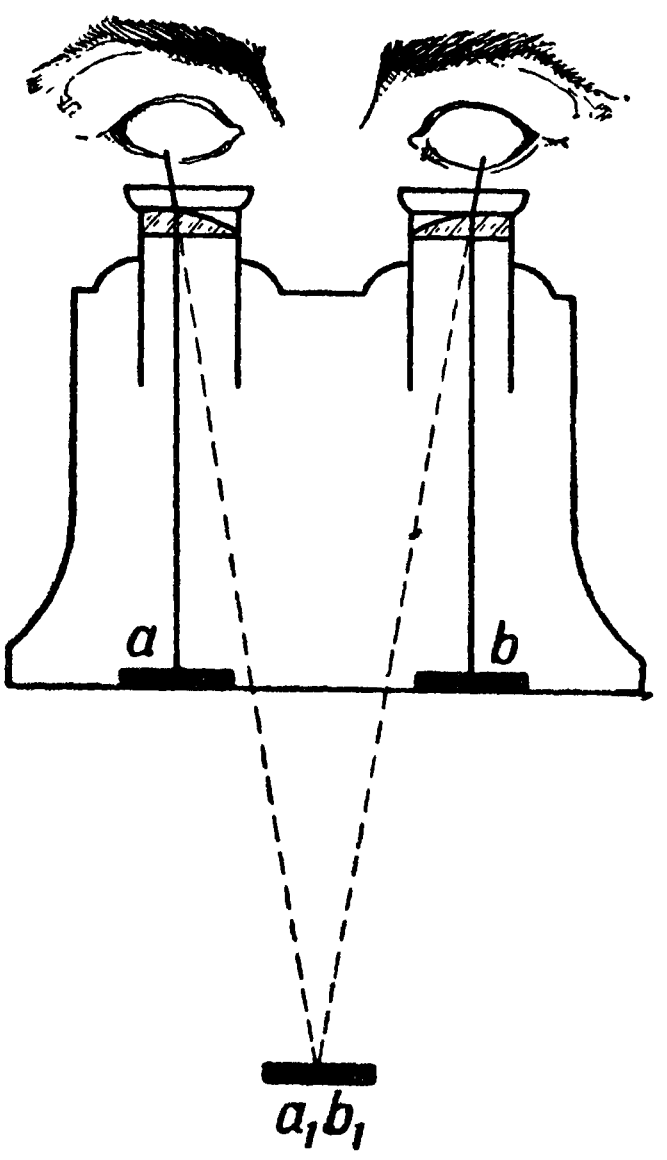


Рис. 50. Стереоскоп.

ставления об их сравнительном удалении мы тоже не получим, и местность нам будет казаться почти плоской.

Фотографический снимок никогда не может дать такого полного зрительного впечатления, как сама местность, и кажется всегда плоским.

Получить впечатление рельефности на фотографии можно только таким образом: следует сделать две фотографии одного и того же предмета, но снятого с различных точек, которые как бы соответствовали правому и левому глазам. Затем надо устроить так, чтобы при рассматривании этих фотографий каждый глаз видел только одно соответствующее ему изображение, причем оба эти изображения должны казаться ему в одном месте (для того, чтобы они наложились одно на другое).

При этих условиях мы будем видеть один предмет и притом вполне рельефный.

Достигается это рассматриванием двух таких фотографий в специальном приборе, называемом стереоскопом (фотографии такого рода называются стереоскопическими). Прибор имеет две собирательные линзы и две призмы, поставленные на расстоянии глаз человека (рис. 50).

Лучи от каждой фотографии, пройдя свою призму, отклонятся к основанию ее. Рассматривая фотографии *a* и *b* через линзы, мы увидим их по направлению преломленных призмой лучей, обе в одном месте, и так как они сольются, то создадут впечатление рельефности.

Телестереоскоп Гельмгольца. Для того чтобы увеличить дальность стереоскопического зрения, т. е. на большом расстоянии видеть взаимное удаление предметов, изобретен прибор, называющийся телестереоскопом Гельмгольца (рис. 51).

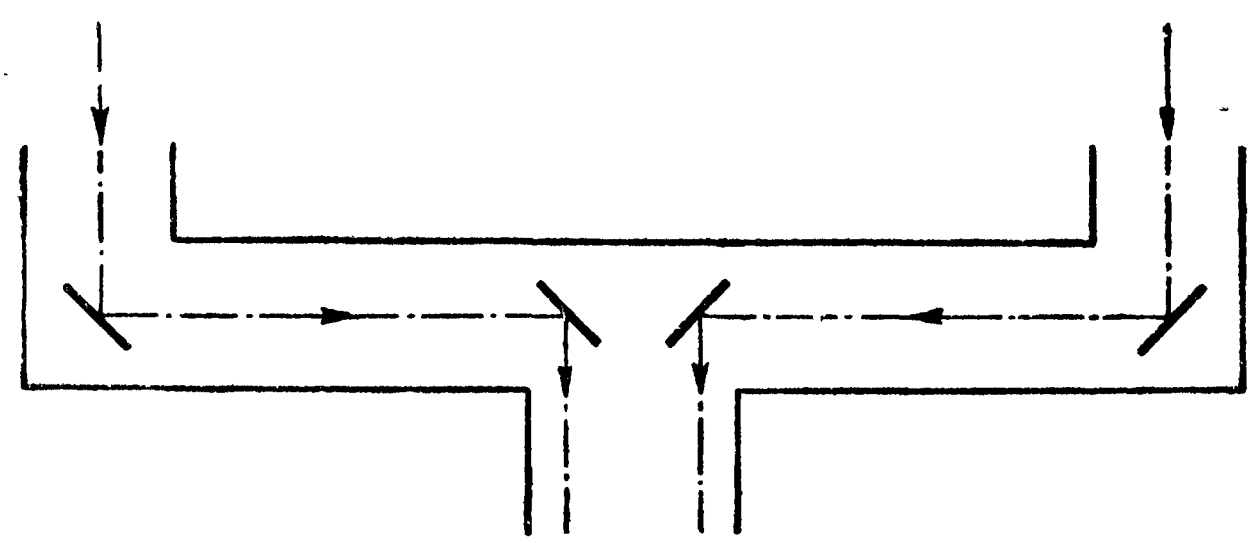


Рис. 51. Телестереоскоп Гельмгольца.

Он состоит из трубы с четырьмя зеркалами (установленными под углом 45° к оси). Расстояние между центрами средних зеркал равно расстоянию между глазами. Лучи от предмета, отразившись от концевых зеркал, попадут на средние, а от них — в глаза наблюдателя.

Таким образом, выходит, что эта труба как бы искусственно увеличивает расстояние между глазами, т. е. изображения на ретинах обоих глаз будут такими, какими они были бы в глазах у человека с расстоянием между глазами, равным длине трубы. А так как дальность стереоскопического зрения увеличивается с увеличением расстояния между глазами, то, следовательно, телестереоскоп Гельмгольца увеличивает эту дальность.

§ 26. ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА КЕПЛЕРА

Для рассматривания удаленных предметов служат зрительные трубы. В 1610 г. Кеплер показал возможность устройства зрительной трубы из двух собирательных линз. Его идеей было сделать прибор, с помощью которого вместо самого предмета рассматривают его действительное изображение, полученное от одного собирательного стекла, и это изображение увеличивается через второе собирательное стекло.

Первая линза, обращенная к предмету, называется объективом. Она дает действительное, обратное и уменьшенное изображение того предмета, который мы хотим видеть в увеличенном виде.

Вторая линза, обращенная к глазу, называется **окуляром** и служит для рассматривания изображения, получаемого при помощи первой линзы. Устанавливается она так, чтобы получать **увеличенное** мнимое изображение предмета, т. е. окуляр представляет собой лупу.

Таким образом, объектив, построив изображение, перевернул его; окуляр же, увеличив изображение, не перевернул его обратно; поэтому, глядя в трубу Кеплера, мы увидим увеличенное, мнимое и обратное изображение предмета.

При изучении трубы заметим, что предметы, которые мы будем наблюдать в трубу, весьма удалены от нее, и потому на объектив от каждой точки предмета падают почти параллельные лучи. Параллельными мы их и будем считать. Изображение предмета, следовательно, будет получаться в фокальной плоскости объектива. Окуляр надо расположить от этой плоскости на расстоянии его фокусного расстояния.

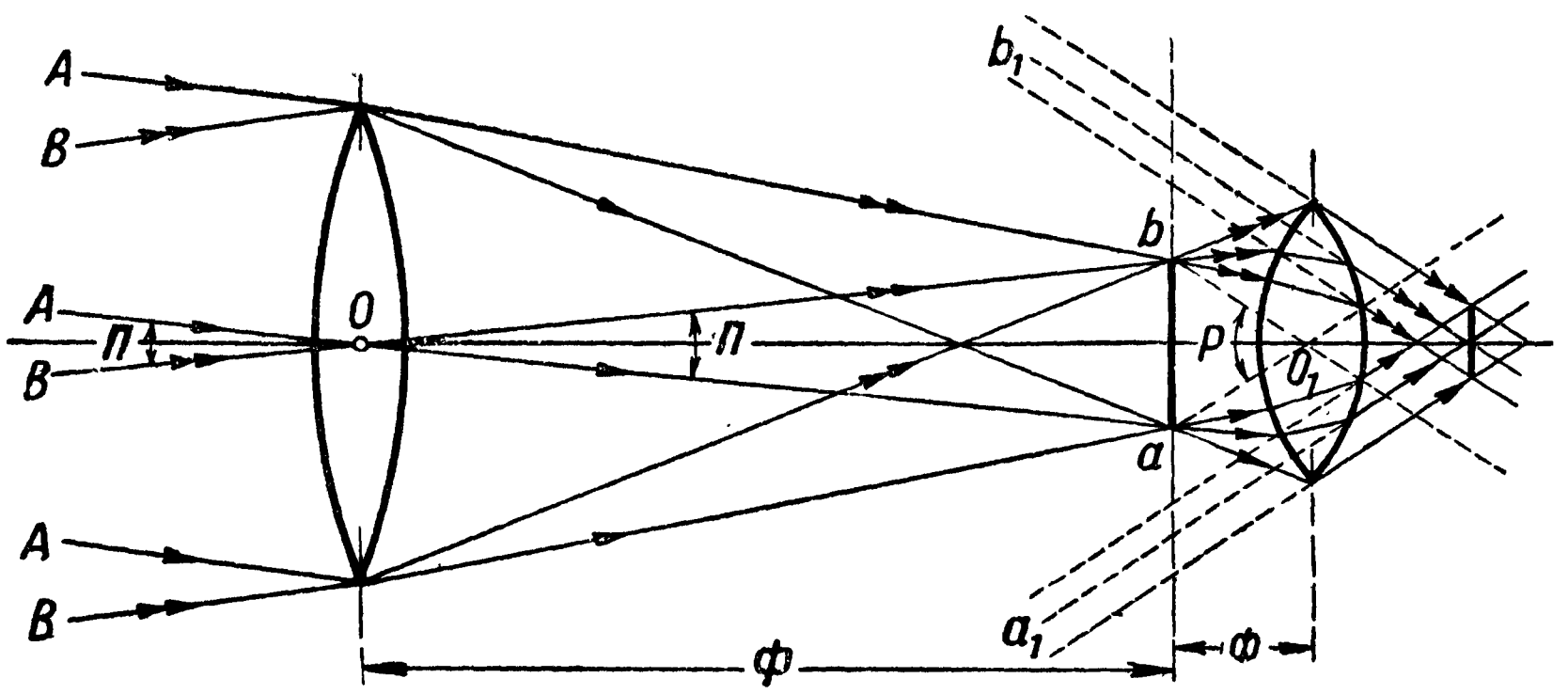


Рис. 52. Труба Кеплера.

На рис. 52 показана схема трубы Кеплера. Главная оптическая ось обеих линз общая (OO_1); O — центр объектива; O_1 — центр окуляра; $Ф$ — фокусное расстояние объектива; $ф$ — фокусное расстояние окуляра.

Пучок параллельных лучей от верхней точки A удаленного предмета AB падает на объектив; из пучка лучей, как показано на рисунке, идут три луча: к верхней оконечности объектива, к нижней оконечности объектива и через оптический центр объектива. Так как лучи пучка параллельны, то, пройдя линзу, все лучи этого пучка должны пересечься в одной точке на фокальной плоскости. Точка эта будет найдена, если продолжить до пересечения с фокальной плоскостью луч, проходящий через оптический центр, ибо известно, что он пройдет объектив без преломления. Итак, в точке a соберутся все лучи, исходящие от точки A, т. е. точка a будет изображением точки A предмета.

Но в точке a лучи только пересекутся и пойдут дальше по своим направлениям расходящимся пучком, а так как точка a находится в фокальной плоскости окуляра, то лучи, пройдя окуляр, пойдут параллельным пучком. Направление этого параллельного пучка найдем, если проведем луч от точки a через оптический центр окуляра. Получив в глаз пучок параллельных лучей и глядя по их направлению, мы на

мысленном продолжении этих лучей увидим мнимое изображение точки A предмета.

В действительности пересечение параллельных лучей происходит в бесконечности, но человек при рассматривании, например, рельсов железной дороги, которые, конечно, параллельны, видит их пересечение вовсе не в бесконечности, а значительно ближе[1]; также и здесь мы увидим мнимое изображение точки A тоже не в бесконечности, а значительно ближе.

Точно таким же образом можно построить изображение и нижней точки B предмета.

§ 27. ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ

Каждую зрительную трубу характеризуют четыре элемента: увеличение, поле зрения, глазной кружок и светосила. Бинокулярные трубы, т. е. те, в которые смотрят двумя глазами, имеют еще пятый элемент — пластичность.

Рассматривая рис. 52, мы видим, что угол P, составленный прямыми из центра окуляра к двум крайним точкам изображения, значительно больше угла из центра объектива к двум крайним точкам предмета. Поэтому, смотря на отдаленный предмет невооруженным глазом, мы рассмотреть детали этого предмета не сможем, так как угол зрения на них может быть очень мал.

Смотря на тот же предмет через трубу, мы можем уже увидеть детали, так как угол зрения на изображение будет гораздо больше. Увеличением трубы называется отношение угла, под которым мы видим изображение предмета в приборе, к углу, под которым мы видим самый предмет невооруженным глазом.

В зрительной трубе увеличение численно равно отношению величины фокусного расстояния объектива к величине фокусного расстояния окуляра.

Обозначив через $У$ увеличение трубы, можем написать, что

$$У = \frac{Ф}{ф}.$$

Истинным полем зрения трубы называется угол, охватывающий часть пространства, видимого в трубу одновременно. Если на рисунке соединить центр объектива с двумя крайними видимыми точками изображения пространства и продолжить эти линии вперед, то угол $П$ и будет истинным полем зрения трубы.

Окулярным или кажущимся полем зрения трубы называется угол, под которым видно в трубе изображение пространства.

На рисунке угол P, проведенный из центра окуляра к двум крайним видимым точкам изображения пространства, и будет окулярным полем зрения этой трубы.

---

[1] Объясняется это строением глаза человека, благодаря которому две близко расположенные точки на известном удалении от глаза дают в нем одно изображение.

Так как мы обозначили увеличение трубы через $У$, то можем написать (исходя из определения увеличения трубы) следующую формулу увеличения трубы:

$$У = \frac{Р}{П},$$

отсюда

$$Р = УП,$$

т. е. окулярное поле зрения трубы равняется увеличению, умноженному на истинное поле зрения.

Теория показывает, что окулярное поле зрения трубы—величина довольно постоянная для данного типа приборов.

Так, в настоящее время у дальномеров окулярное поле зрения $Р = 40°$, у труб прицелов $Р = 44°$, у призменных биноклей $Р =$ около $53°$ и только у новейших биноклей $Р = 70°$.

Таким образом, если мы у данного типа прибора захотим увеличить истинное поле зрения $П$, то получим прибор с меньшим увеличением $У$, и наоборот.

Например, дальномер, у которого окулярное поле зрения $Р = 40°$,

$$Р = 40° = УП.$$

Если увеличение $У = 20°$, то истинное поле зрения $П$ будет, следовательно, равно $2°$:

$$40° = 20 \cdot 2°.$$

Если увеличить $П$ до $4°$, то увеличение дальномера будет уже всего 10:

$$40° = 10 \cdot 4°$$

и т. д.

Сделать окулярное поле зрения прибора побольше, конечно, чрезвычайно важно, так как тогда и увеличение и истинное поле зрения будут больше, но это сделать очень трудно, так как для этого окуляр должен быть стеклом очень сильным, т. е. с очень малым фокусным расстоянием; сильная же собирательная линза будет очень выпуклая и будет иметь большие аберрации, поэтому вместо одной сильной линзы ставят две и больше отдельно стоящих более слабых линз так, чтобы они в сумме своих оптических сил давали силу одной сильной линзы. Такой окуляр называется сложным окуляром.

Изобрести хороший сложный окуляр с большим окулярным полем зрения и без искажения и окрашивания очень трудно, и их очень немного. Существуют, например, окуляр Кельнера, окуляр Эрфле.

Глазным кружком трубы называется изображение объектива, построенное в окуляре. Объектив, освещенный проходящими через него лучами, можно рассматривать как предмет, поставленный перед окуляром, и поэтому можно построить его изображение в окуляре по общим правилам построения изображения предмета в собирательном стекле (рис. 53).

Для построения изображения объектива в окуляре от верхней точки объектива берем два луча: один, идущий через оптический центр C окуляра (он пройдет без преломления); второй, идущий через перед-

ний главный фокус Φ окуляра. Пройдя окуляр, он пойдет параллельно оси. В точке пересечения их получим точку a, являющуюся изображением точки A предмета.

Так как объектив круглый, то и изображение его будет тоже кружок.

Глазной кружок будет самое узкое место всех пучков лучей, прошедших через объектив и окуляр; поэтому, чтобы получить в глаз наибольшее число лучей, выгоднее всего иметь зрачок глаза совмещенным с глазным кружком трубы. Чтобы наблюдатель держал глаз именно в этом месте, имеется окулярная раковина, которая во время наблюдений держится около глаза вплотную; высота этой раковины — величина, строго определенная для каждого прибора.

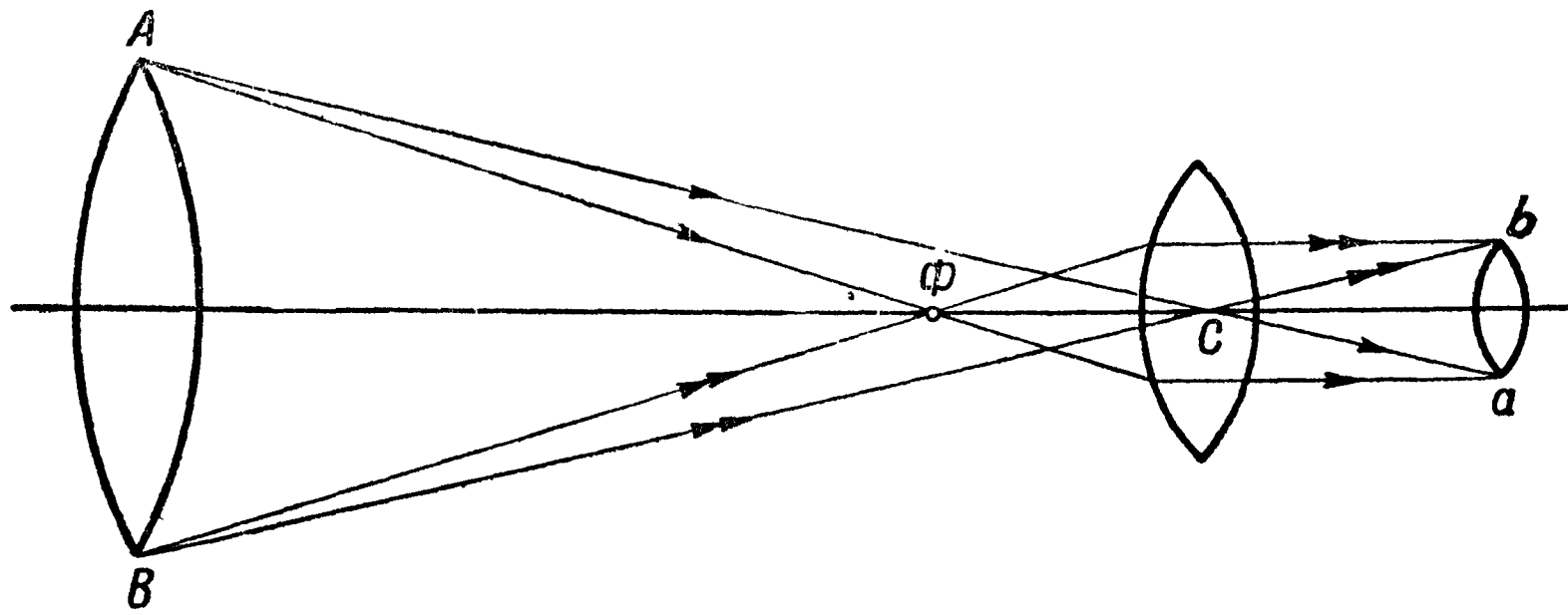


Рис. 53. Труба Кеплера. Глазной кружок трубы.

Глазной кружок—это то светлое пятно, которое мы видим через окуляр, держа трубу в удалении от глаза и объективом повернутой к свету; тогда легко, подставив бумагу, получить на ней резко очерченный кружок.

Величиной глазного кружка очень удобно пользоваться для практического определения увеличения прибора. Для этого нужно циркулем измерить величину диаметра объектива, а затем, держа трубу, как было указано выше, измерить величину диаметра глазного кружка, полученного на бумажке, плотно приложенной к окулярной раковине. Разделив первое число на второе, получим увеличение трубы, т. е. можем написать, что

$$У = \frac{Д}{д},$$

где $Д$ — диаметр объектива;
$д$ — диаметр глазного кружка.

Светосилой трубы называется отношение освещенности изображения предмета, полученного на сетчатке глаза при наблюдении через трубу, к освещенности изображения того же предмета при наблюдении его простым глазом.

Светосила зависит: 1) от потерь света в трубе и 2) от величины глазного кружка. Потери света в трубе получаются, во-первых, вследствие отражения части лучей от поверхности стекла при преломлении, т. е. не все лучи, упавшие на стекло, преломятся и выйдут из него, а часть лучей от каждой поверхности при преломлении отразится и, следовательно, пропадет для нас. Опыт показывает, что в среднем у ка-

ждой поверхности, таким образом, отражается и пропадает около $4^0/_0$ света; следовательно, пройдя только одно стекло или одну призму, потеряем $8^0/_0$ света благодаря отражению.

Во-вторых, потери света в трубе получатся вследствие поглощения света самим стеклом. Хорошее прозрачное стекло в среднем поглощает около $1—2^0/_0$ на 1 *см* хода лучей в стекле. Ясно, что общая потеря света будет равна сумме потерь от обеих причин, и в каждой линзе теряется, таким образом, около $9^0/_0$ света ($8^0/_0$—на отражение от обеих граней и $1^0/_0$ — на поглощение стеклом). Чем больше стекол в трубе, тем больше будет потеряно света и тем изображение предмета на сетчатке глаза будет хуже освещено.

Если потери света в трубе (на отражение от поверхностей и на поглощение стеклом), например, $46^0/_0$, то говорят, что коэфициент прозрачности этого прибора $K = 0{,}54$.

Светосила трубы зависит также от величины глазного кружка. Глазной кружок есть изображение объектива, и он будет тем больше, чем будет больше самый объектив, а так как на больший объектив упадет большее количество лучей, то и через больший глазной кружок пройдет больше лучей.

При наблюдении в трубу мы держим зрачок своего глаза совмещенным с глазным кружком трубы, поэтому все количество света, которое выйдет из глазного кружка, попадет нам в глаз, если диаметр глазного кружка равняется диаметру зрачка глаза (это самый выгодный случай). Если же диаметр глазного кружка больше диаметра зрачка глаза, то часть лучей при выходе из глазного кружка трубы упрется в радужную оболочку и пропадет, но все-таки в глаз попадет света столько же, сколько и в первом случае, так как зрачок глаза примет лучи от части глазного кружка равного с ним размера. Этот случай [1] по сравнению с первым не представляет выгоды, так как получается тот же результат, а труба благодаря большому объективу делается более тяжелой и более дорогой.

Наконец, если диаметр глазного кружка меньше диаметра зрачка глаза, то последний мог бы принять по своему размеру большее количество лучей, чем ему дает труба с таким глазным кружком. Поэтому такая труба будет, как говорят, „темная“, так как она дает слабую освещенность изображения предмета на сетчатке глаза. Это, конечно, самый невыгодный случай; поэтому лучше всего иметь трубы, у которых диаметр глазного кружка равен или больше диаметра зрачка глаза и никак не меньше последнего.

Таким образом, глазной кружок следит за светосилой, и естественно можно принять его за меру светосилы. Обыкновенно в каталогах оптических приборов и во всех таблицах, в столбце „светосила“, и дается величина квадрата диаметра глазного кружка, характеризующая величину площади круга, через которую выходят все лучи из трубы.

---

[1] Мы знаем, однако, из § 19, что зрачок глаза в темноте увеличивается, поэтому в приборах для наблюдения при плохом освещении делают глазной кружок больше обычных размеров. Некоторую выгоду представляет также большой глазной кружок в случаях наблюдений при сильной качке на корабле, когда трудно удержать глаз в окуляре.

§ 28. ЗЕМНАЯ ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА

Труба Кеплера, дающая обратные изображения, неудобна для рассматривания земных предметов. Поэтому существуют так называемые земные зрительные трубы, в которых для получения прямых изображений поставлены добавочные обращающие стекла.

Земные зрительные трубы бывают двух родов: с обращающими линзами и с обращающими призмами.

Простейшей земной трубой является труба, состоящая из трех собирательных линз: объектива, окуляра и обращающей линзы. Объектив дает действительное обратное изображение предмета; обращающая линза обыкновенно ставится так, чтобы изображение ab (рис. 54), которое дал объектив, находилось в ее двойном фокусе. Она дает новое действительное изображение, являющееся обратным по отношению к первому,

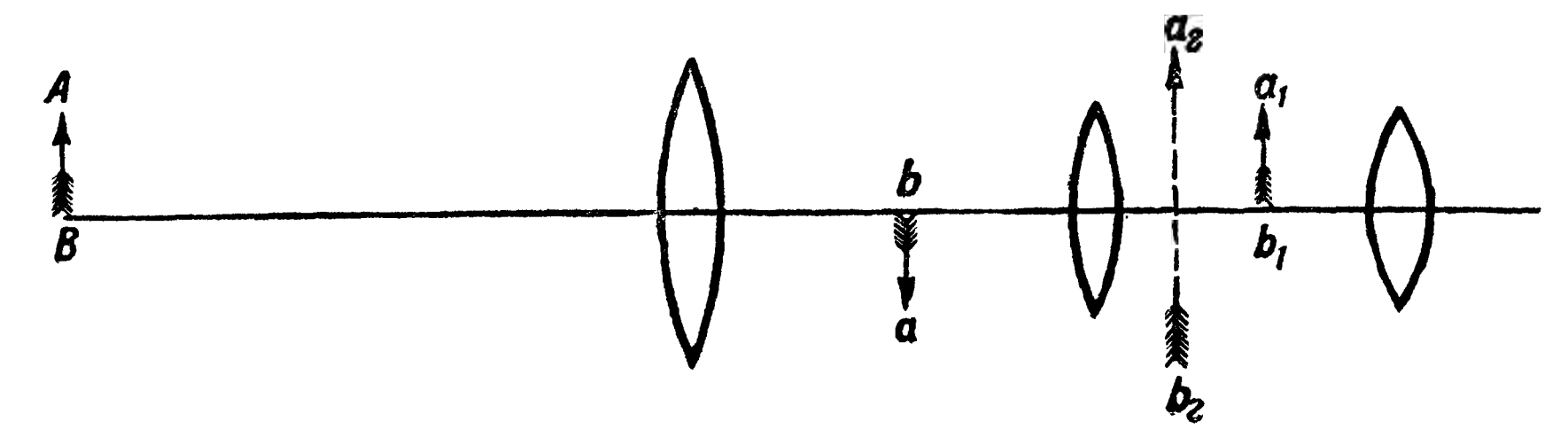


Рис. 54. Земная зрительная труба.

но прямым по отношению к предмету. Следовательно, в такую трубу мы будем видеть прямое изображение предмета, так как окуляр изображения не переворачивает.

Трубы с обращающими линзами хороши по простоте своей конструкции, но они значительно длиннее обыкновенной трубы Кеплера, а поэтому имеют гораздо больший вес.

§ 29. ПЕРЕМЕНА УВЕЛИЧЕНИЯ В ТРУБАХ

Изменение увеличения в трубе может быть осуществлено различными способами.

Способ 1-й: путем передвижения обращающей линзы

Как было разобрано в предыдущем параграфе, в земной зрительной трубе с обращающей линзой имеется два действительных изображения, причем плоскости этих изображений находятся на одинаковых расстояниях (2 Φ обращающей линзы) по обе стороны обращающей линзы.

Места этих изображений в трубе постоянны, но относительная величина этих изображений может иметь два значения, в зависимости от места обращающей линзы.

Если мы передвинем обращающую линзу (рис. 55) влево так, чтобы изображение ab, которое дал объектив, оказалось между фокусом и двойным фокусом обращающей линзы, то она даст изображение $a'b'$ за своим двойным фокусом; оно будет увеличенное по отношению к изобра-

жению ab, которое дал объектив (верхняя часть рисунка). Если мы передвинем обращающую линзу вправо, то она даст изображение $a'b'$ между своим фокусом и двойным фокусом, и оно будет уменьшенное по отношению к изображению ab, которое дал объектив (нижняя часть рисунка).

Ясно, что, рассматривая через окуляр разные по своей величине действительные изображения $a'b'$, будем иметь разные увеличения трубы. Но так как объектив и окуляр в трубе остаются неподвижными, то плоскости ab и $a'b'$ также должны оставаться на своих местах; поэтому перемещать обращающую линзу можно только в такие два положения, при которых плоскости ab и $a'b'$ остаются сопряженными. Сопряженными плоскостями при построении изображений в линзах называются: плоскость, в которой находится предмет, и плоскость, в которой построилось его изображение, причем, если предмет находился между фокусом

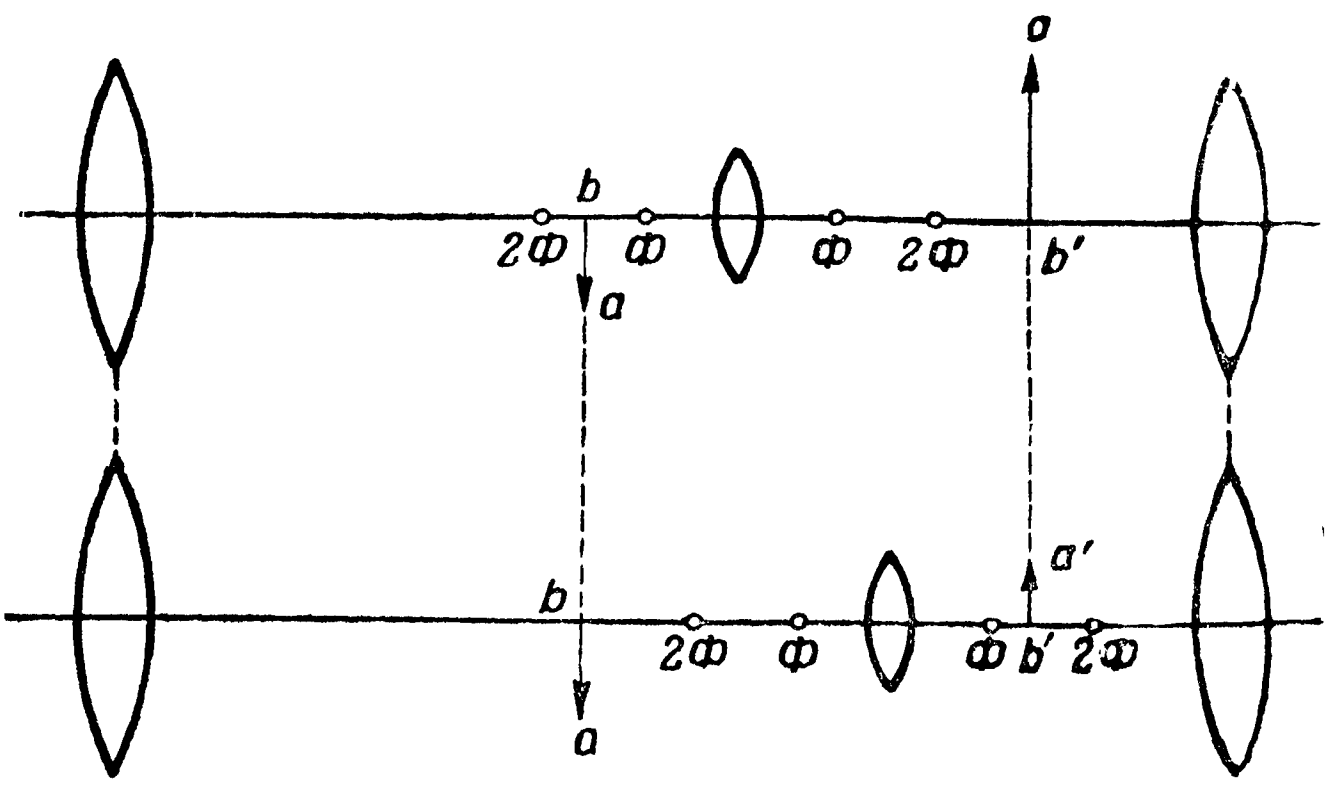


Рис. 55. Перемена увеличения передвижением обращающей линзы.

и двойным фокусом линзы, то малейшее передвижение его от двойного фокуса до фокуса дает значительное перемещение изображения — от двойного фокуса до бесконечности, и наоборот, если предмет находился дальше двойного фокуса линзы, то передвижение его от бесконечности до двойного фокуса даст очень малое движение изображения в промежутке от фокуса до двойного фокуса.

Для обращающей линзы действительное изображение ab, которое построил объектив, будет предметом. Обращающая линза построит его изображение $a'b'$; следовательно, плоскости предмета ab и изображения $a'b'$ будут сопряженные и будут, конечно, находиться от обращающей линзы на разных расстояниях. Принимая во внимание третий закон преломления света (лучи падающий и преломленный переместимы), получаем: если ab — предмет, а $a'b'$ — его изображение, находящееся за двойным фокусом в определенном месте, то, если считать $a'b'$ предметом, его изображением будет теперь ab между фокусом и двойным фокусом, тоже в определенном расстоянии от обращающей линзы (рис. 55 — нижняя часть).

Следовательно, передвигать обращающую линзу из первого положения во второе можно до тех пор, пока расстояние ее от предмета ab (ниж-

няя часть рис. 55) не станет равным расстоянию от обращающей линзы до изображения $a'b'$.

Только при этих двух положениях обращающей линзы (без промежуточных) плоскости $a'b'$, в которых она будет строить свои изображения, будут от окуляра на одинаковом удалении, и при перемене увеличения переставлять себе окуляр по глазу не нужно.

Чтобы получить в трубе непрерывно изменяющееся увеличение, необходимо вместо одной обращающей линзы поставить две, которые при передвижении еще раздвигались бы между собой.

Из теории оптики известно, что оптическая сила системы двух линз (действующих, как одна) зависит не только от оптических сил каждой линзы, но и от расстояния между ними, причем чем ближе линзы находятся друг к другу, тем оптическая сила этой системы двух линз будет больше, а фокусное расстояние меньше. Рассчитав это передвижение так, чтобы при постепенном изменении фокусного расстояния эта система линз строила изображение обязательно все время в плоскости $a'b'$, будем иметь непрерывно изменяющееся увеличение.

Такая труба называется трубой с панкратической переменой увеличения.

Способ 2-й: путем замены объектива

Из теории зрительной трубы известно, что увеличение численно равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра $У = \frac{Ф}{ф}$, следовательно, поставив объектив с другим фокусным

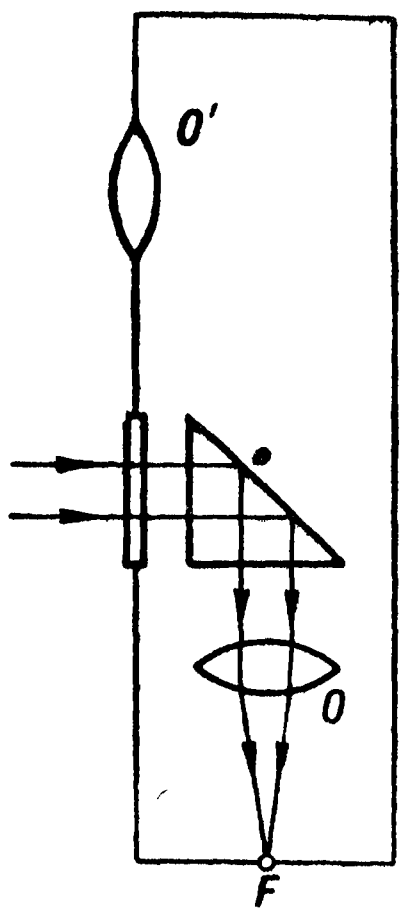


Рис. 56. Перемена увеличения заменой объектива (меньшее увеличение).

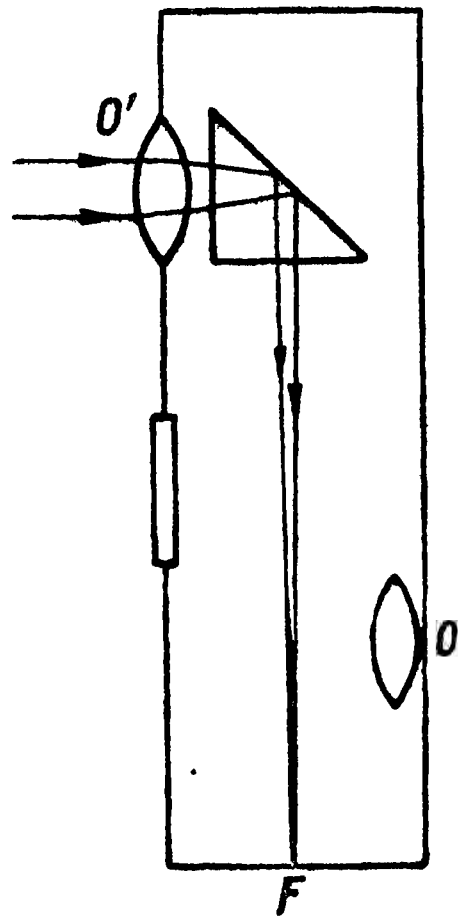


Рис. 57. Перемена увеличения заменой объектива (большее увеличение).

расстоянием, мы этим самым изменим увеличение трубы. Ясно, что объективы должны быть поставлены на разных местах в трубе, с таким расчетом, чтобы фокальная плоскость, в которой тот или другой объектив построят изображение, оставалась на том же месте без изменения.

Способ этот применяется в перископических прицелах.

Механическое устройство перемены объектива бывает разное. Укажем наиболее простое. В головной части перископа сделано два отверстия (одно выше другого); в верхнее вставлен объектив, а в нижнее — стекло с параллельными гранями; верхняя призма может подыматься и опускаться и, следовательно, может устанавливаться перед одним из отверстий. Если призма находится в нижнем положении, то пучок параллельных лучей, идущий от отдаленного предмета, пройдя через стекло с паралелльными гранями, повернется призмой на 90° и, пройдя объектив O, соберется в фокальной плоскости (рис. 56). Если поднимем призму до уровня верхнего отверстия, в которое вставлен объектив O' (одновременно объектив O отодвинется в сторону), то тот же пучок параллельных лучей упадет теперь на объектив O', и, пройдя его уже сходящимся пучком, повернется в призме на 90° и соберется опять в той же фокальной плоскости (рис. 57). Так как объектив O' имеет более длинный фокус, то (как видно из формулы) увеличение перископической трубы во втором случае будет больше.

Способ 3-й: путем замены окуляра

Как видно из формулы $У = \frac{Ф}{ф}$, если вместо одного окуляра поставить другой, с большим фокусным расстоянием, то увеличение трубы уменьшится.

На рис. 58 показана труба с переменным увеличением. На револьверном барабане расположены 3 окуляра. Поворачивая барабан, можно

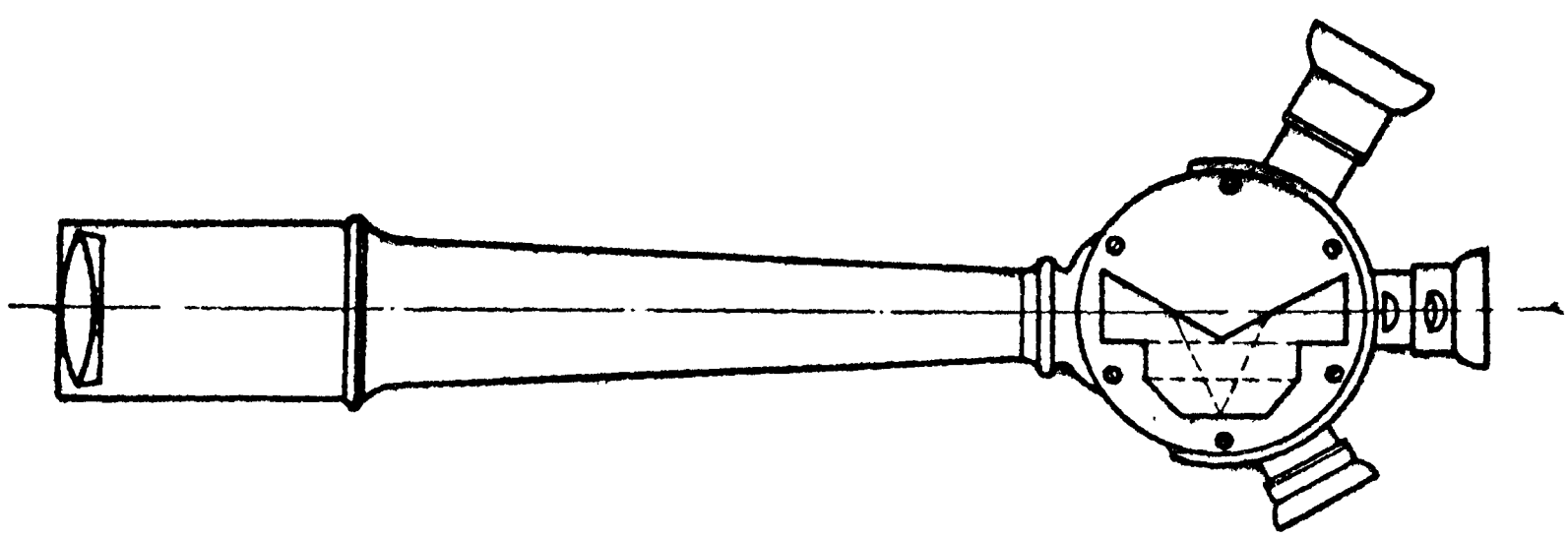


Рис. 58. Перемена увеличения заменой окуляра.

установить любой из них против фокальной плоскости, в которой один и тот же объектив строит действительное изображение предмета, а так как фокальная плоскость окуляра должна совпадать с фокальной плоскостью объектива, то чем более сильный окуляр мы подведем, тем большее увеличение трубы получим. А так как более сильная линза имеет меньшее фокусное расстояние, то самый низкий окуляр даст нам самое большое увеличение.

§ 30. ПРИЗМЕННЫЙ БИНОКЛЬ

Призменный бинокль состоит из двух одинаковых земных труб, обращающей системой в которых служат призмы (рис. 59).

Обе трубы можно перемещать параллельно себе вокруг одной общей оси *б*, меняя, таким образом, расстояние *в* между окулярами *г* соответственно расстоянию между глазами наблюдателя.

Окуляр вместе со своей оправой *д* может при вращении его выдвигаться или вдвигаться: делается это для установки по глазу наблюда-

теля. На оправе *д* нанесены цифры от 0 до 5 в каждую сторону; 0 обозначает нормальное зрение; цифры со знаком минус — близорукость; цифры со знаком плюс — дальнозоркость.

На одном конце общей оси *б* находятся деления *ж*, обозначающие в миллиметрах расстояние *в* между обоими окулярами, а на другом конце ее имеется зажимный винт *з*, чтобы закреплять расстояние между окулярами для данного наблюдателя.

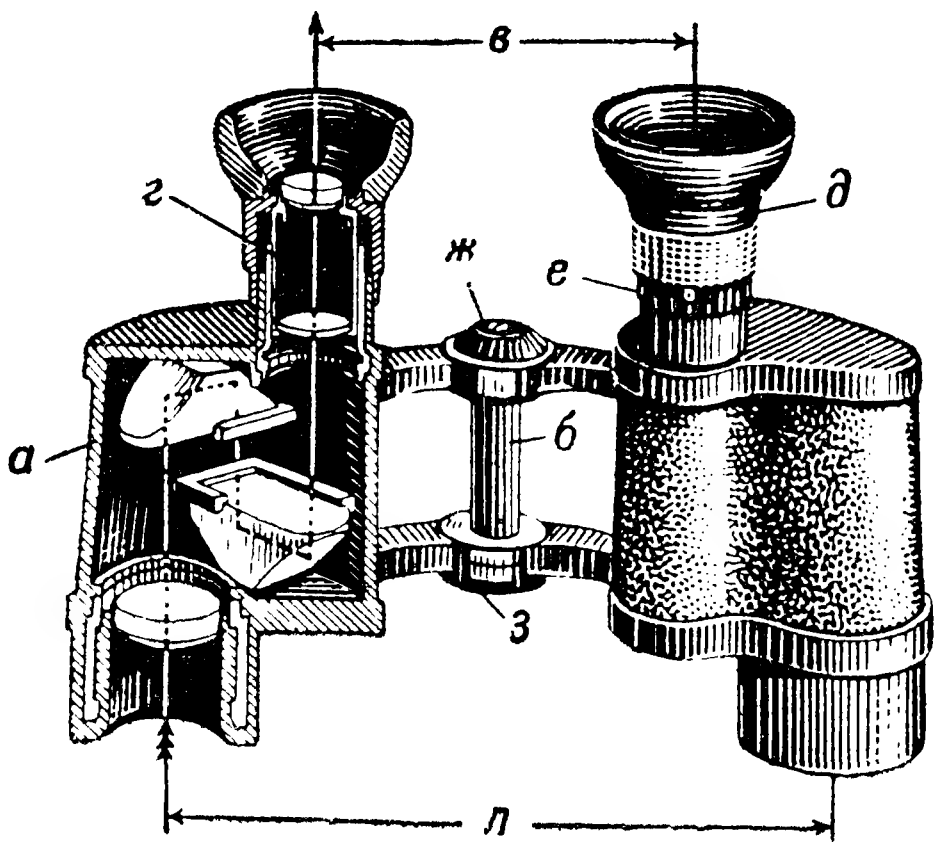


Рис. 59. Призменный бинокль.

Наиболее употребительны бинокли с обращающей системой призм Порро. Разрез такого бинокля дан на рис. 59, из которого видно, что ход лучей в бинокле коленчатый. Благодаря этому оказалось возможным получить длину бинокля почти в три раза короче, чем вся длина хода лучей.

Ход лучей показан на рис. 60.

Устройство окуляра. Окуляр *г* у таких биноклей состоит из двух собирательных стекол *и* и *к*, расположенных на некотором расстоянии друг от друга; окуляр подобного устройства называется сложным.

Потери света. В призменном бинокле имеется в каждой трубке по пяти стекол, т. е. по десять поверхностей; потеря света на отражение от поверхностей будет, считая по 4% на поверхность, около 40%, на поглощение света стеклами (считая 7 *см* пути лучей внутри стекол и 1% потери на 1 *см* пути) — еще 7%. Поэтому всего в призменном бинокле теряется около половины света (47%), и это — их большой недостаток.

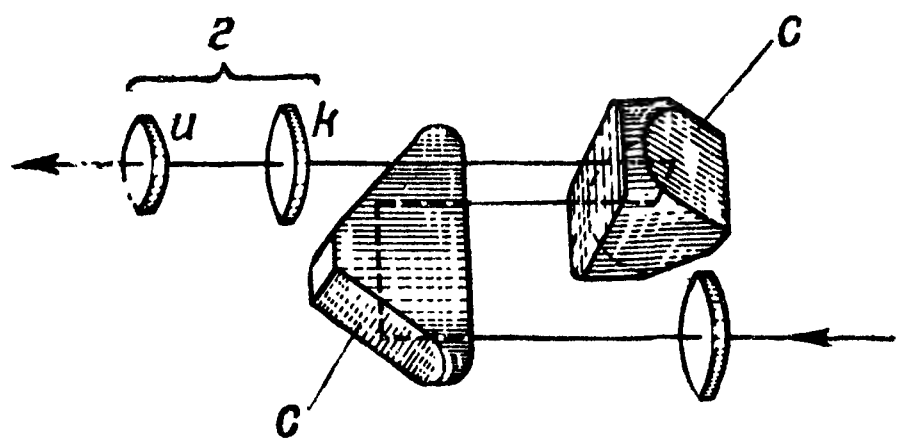


Рис. 60. Ход лучей в призменном бинокле.

Рассматривая рис. 59, видим, что благодаря расположению призм Порро расстояние *л* между обоими объективами оказалось больше, чем расстояние *в* между окулярами. Ввиду этого, наблюдая в такой бинокль, будем иметь глаза как бы более расставленными и, значит, будем лучше видеть рельеф местности.

Отношение расстояния *л* между центрами объективов к расстоянию *в* между центрами окуляров, т. е. величина *л*:*в*, называется удельной пластичностью[1] бинокля. Удельная пластичность современных биноклей бывает обыкновенно около двух.

---

[1] Различают также полную пластичность прибора, которая равна удельной пластичности, умноженной на увеличение его. Например, для 6-кратного бинокля с удельной пластичностью 2 полная пластичность будет $6 \times 2 = 12$.

§ 31. СТЕРЕОТРУБЫ

Стереотрубы представляют собой в принципе призменный бинокль с очень большой удельной пластичностью.

Стереотруба состоит из двух зрительных труб, вращающихся вокруг общей шарнирной оси, причем трубы могут быть совершенно раздвинуты,

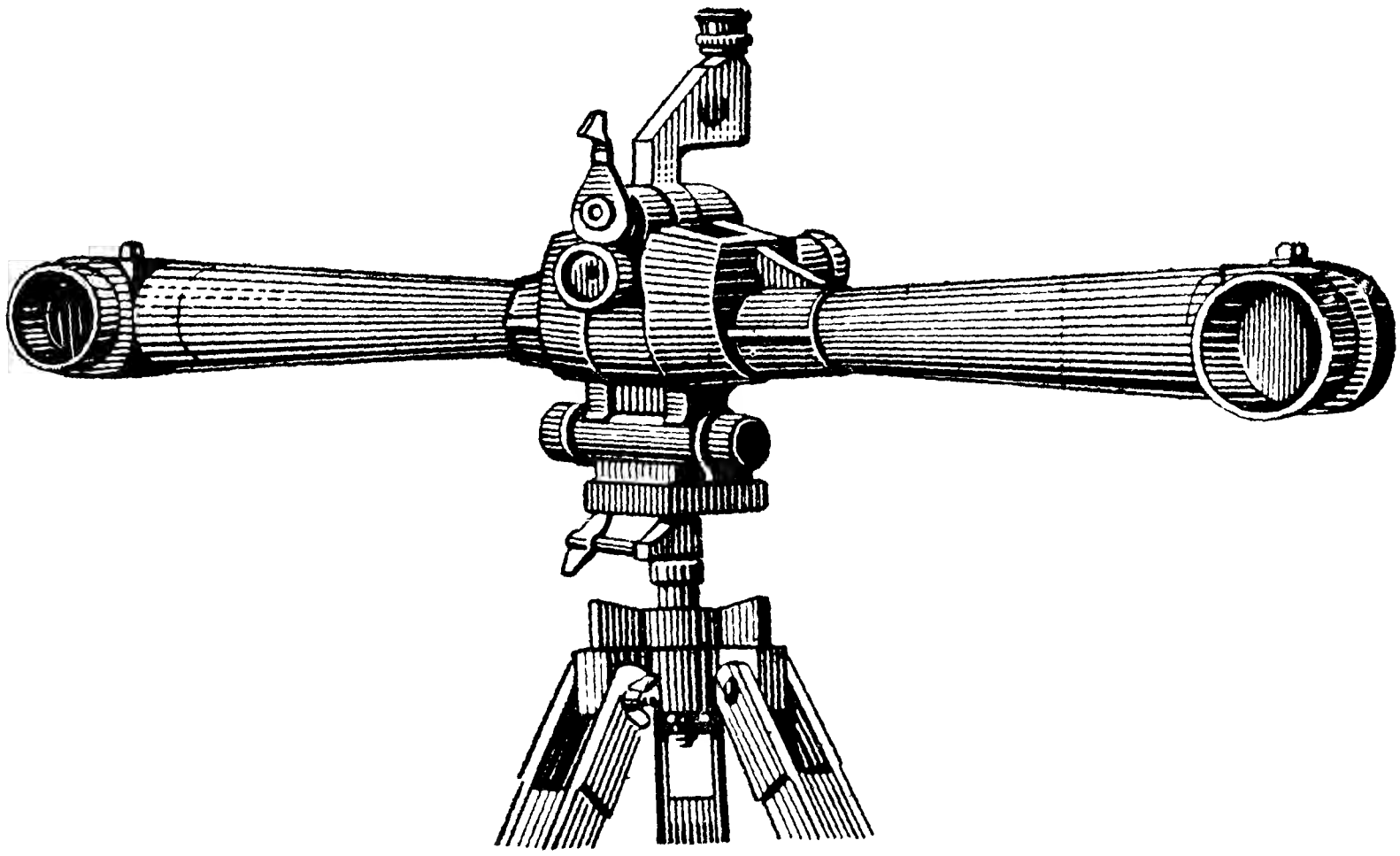


Рис. 61. Стереотруба с разведенными трубами.

т. е. оптическая ось одной трубы как бы составляет продолжение другой; вид стереотрубы в таком положении указан на рис. 61. Трубы могут также быть сложены друг с другом так, что оси их становятся

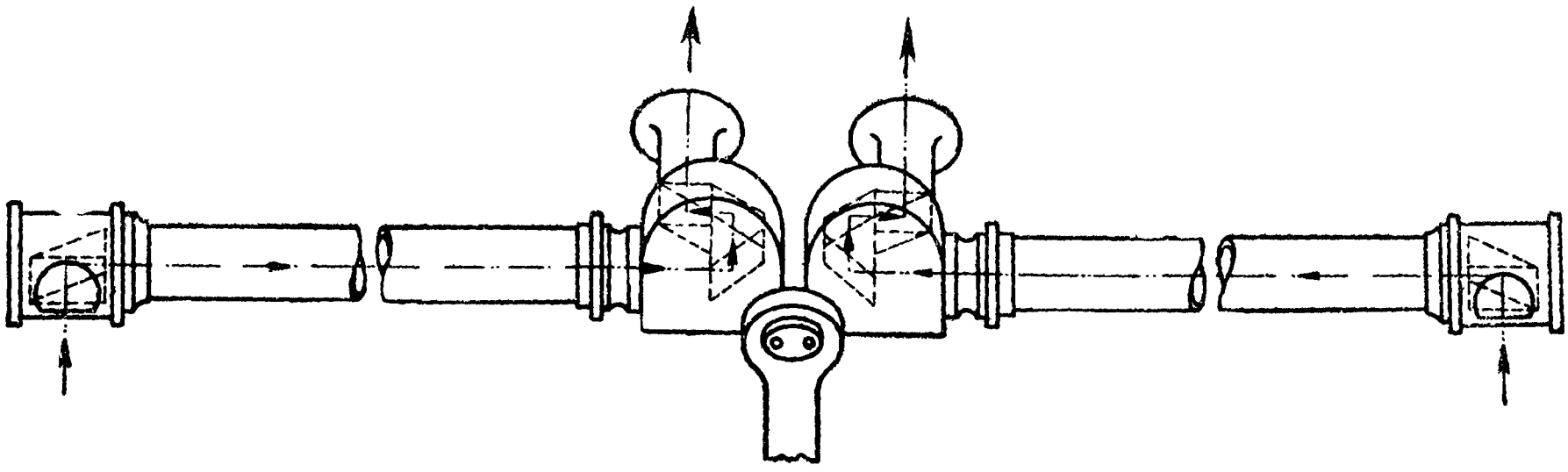


Рис. 62. Малая стереотруба.

вертикально, как показано на рис. 63, но как при одном, так и при другом положении возможно раздвигать или сдвигать окуляры для установки их точно по расстоянию между глазами наблюдателя. Внутренний вид малой стереотрубы дан на рис. 62, причем оптика одной зрительной трубы показана отдельно на рис. 64. Как видно, она состоит из объектива, сложного окуляра и двух призм, концевой и центральной, составляющих вместе систему, дающую полное обращение; таким образом, изображение предмета в стереотрубе прямое.

Оптика большой стереотрубы (рис. 65) похожа на оптику малой, кроме центральной призмы, которая у большой стереотрубы имеет совершенно другую форму (имеет вид башмака, у которого носок имеет две перпендикулярные грани). Лучи отражаются в башмаке-призме 3 раза: сначала о нижнюю грань, а потом два раза об крышеобразную грань носка призмы; после этого луч выходит из призмы через нижнюю грань.

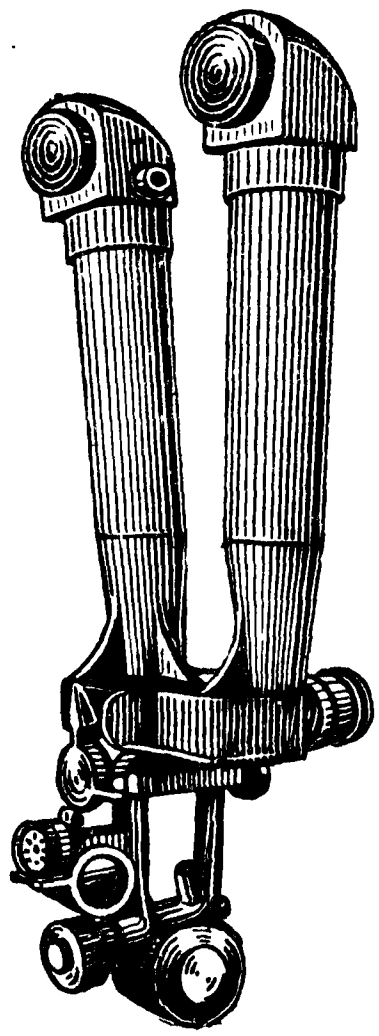


Рис. 63. Стереотруба со сведенными трубами.

Концевая и центральная призмы дают вместе 4 отражения, как и в системе Порро, т. е. получается полное обращение предмета. Схема стекол видна на рис. 65.

1 — концевая призма; *2* — центральная призма (башмак); *3* — объектив; *4* — сложный окуляр; *5* — стекло с параллельными гранями с крестом нитей (фокальная плоскость объектива); *6* — защитное стекло.

Оптические данные большой и малой стереотруб Цейсса следующие:

	Малая стереотруба	Большая стереотруба
Увеличение	10	10
Поле зрения	3,7°	5°
Диаметр глазного кружка	2,5	5
Светосила	6,25	25
Диаметр объектива . . .	25	50
Удельная пластичность при разведенном положении труб	7	11
Удельная пластичность при сведенном положении труб	2	3
Вес	1 *кг*	6 *кг*

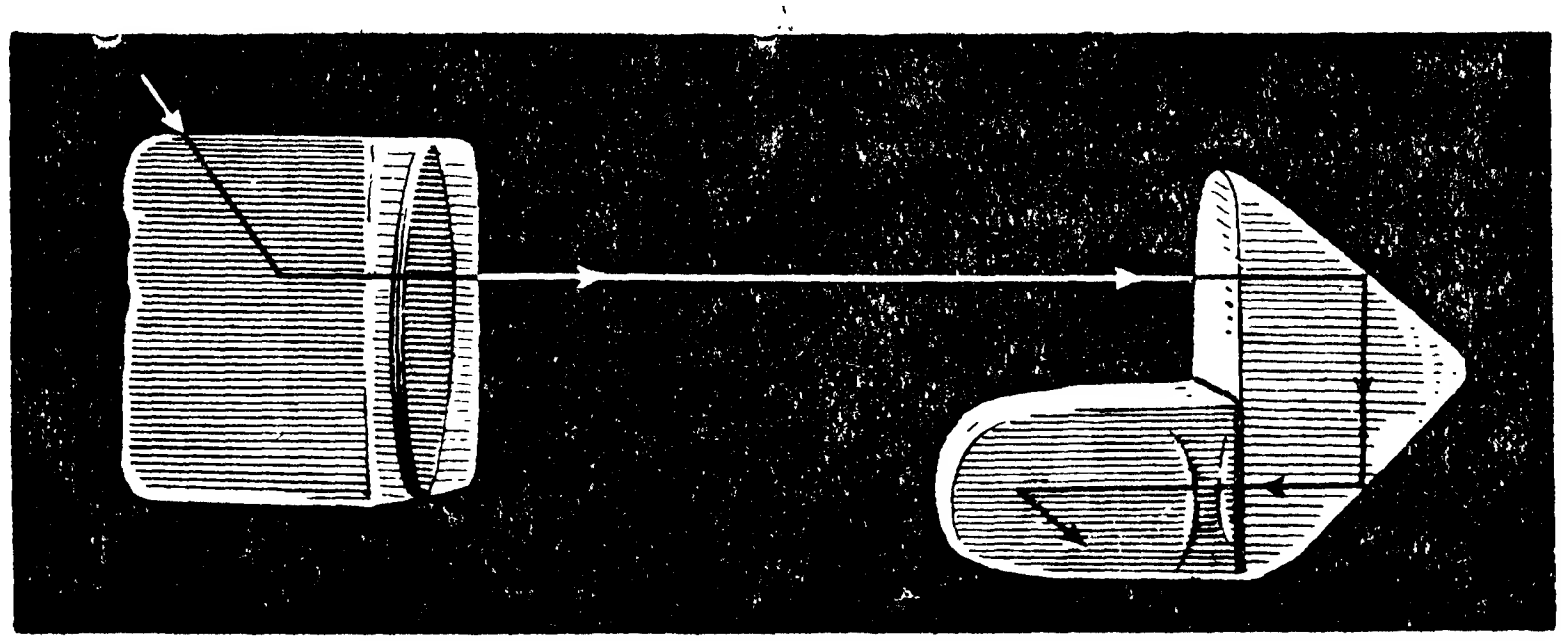


Рис. 64. Схема призм в малой стереотрубе.

Ввиду того что пластичность при разведенном положении труб значительно больше, чем при сведенном, ясно, что стереотрубой надо всегда так и пользоваться, тогда будем видеть все предметы гораздо рельефнее. При сведенном положений труб (вертикальное положение стереотрубы) удельная пластичность будет такая же, как и у бинокля. Пользоваться стереотрубой в таком положении выгодно для наблюдений, находясь под прикрытием; тогда приходится жертвовать рельефностью для безопасности наблюдателя.

При сдвигании и раздвигании обеих труб надлежит обратить внимание, чтобы зажим шарнирного болта был ослаблен, так как в противном случае при сдвигании или раздвигании с усилием можно их покривить и этим нарушить параллельность осей, что даст двойное изображение.

Малой стереотрубой пользуются, держа ее в руках. Большая стереотруба устанавливается на специальном штативе, имеющем угловые деления горизонтального и вертикального вращения, благодаря чему, пользуясь трубой, можно определять как горизонтальные углы между предметами, так и углы местности. Кроме того, на самой трубе имеется для отсчета угла местности специальный уровень. Когда труба наведена на предмет, то вращением головки винта уровень приводится в горизонтальное положение и на самой головке винта читается отсчет угла местности в градусах.

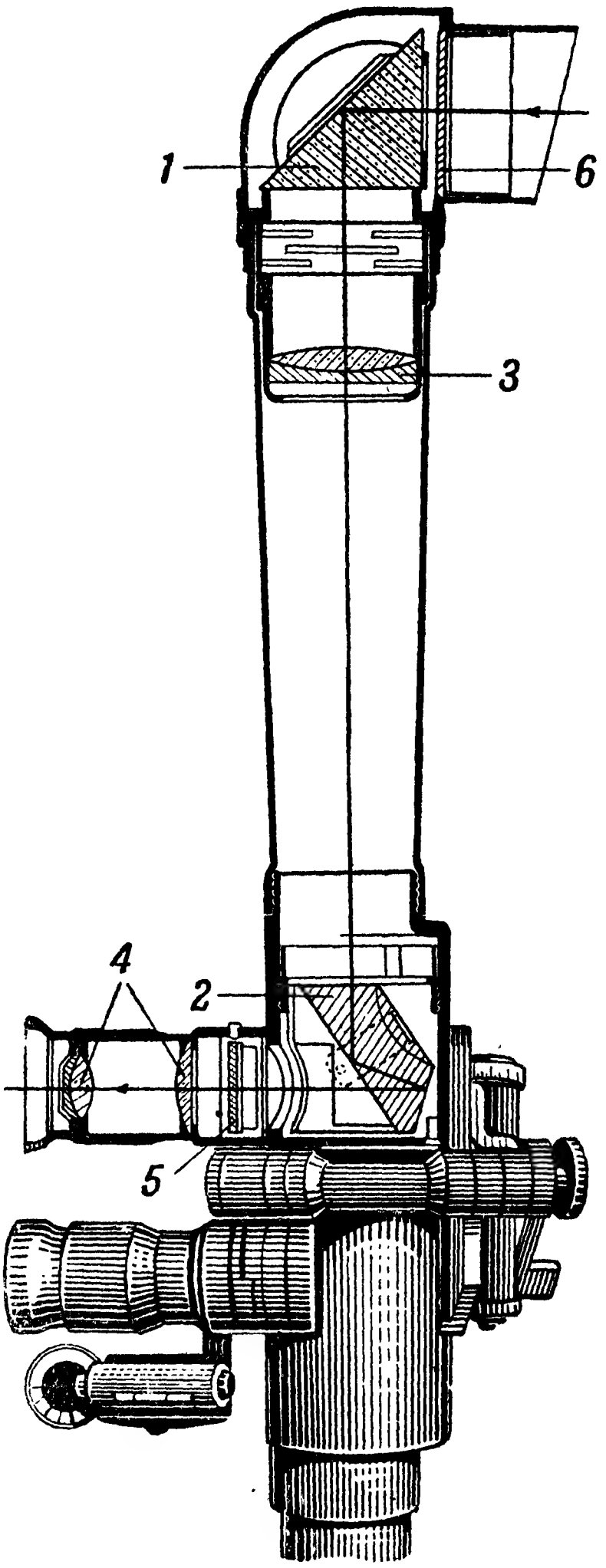


Рис. 65. Схема стекол стереотрубы.

Лимб горизонтальной наводки имеет 60 делений, т. е. каждое деление равно 100 делениям угломера. Связанный с лимбом червячной передачей барабан имеет 100 делений, и один его оборот смещает лимб на одно крупное деление лимба. Таким образом, поворот барабана на 1 деление дает $^1/_{6000}$ окружности, или одно деление угломера.

§ 32. ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА ГАЛИЛЕЯ

Зрительная труба Галилея состоит из положительного объектива и отрицательного окуляра, установленного между объективом и его задним фокусом. Для получения резкого изображения окуляр устанавливается так,

чтобы его фокус совпадал с задним фокусом объектива (в случае нормального глаза). Благодаря такому расположению стекол, действительное изображение удаленного предмета, которое должно было получиться от объектива, не осуществляется, потому что по пути лучей поставлено рас-

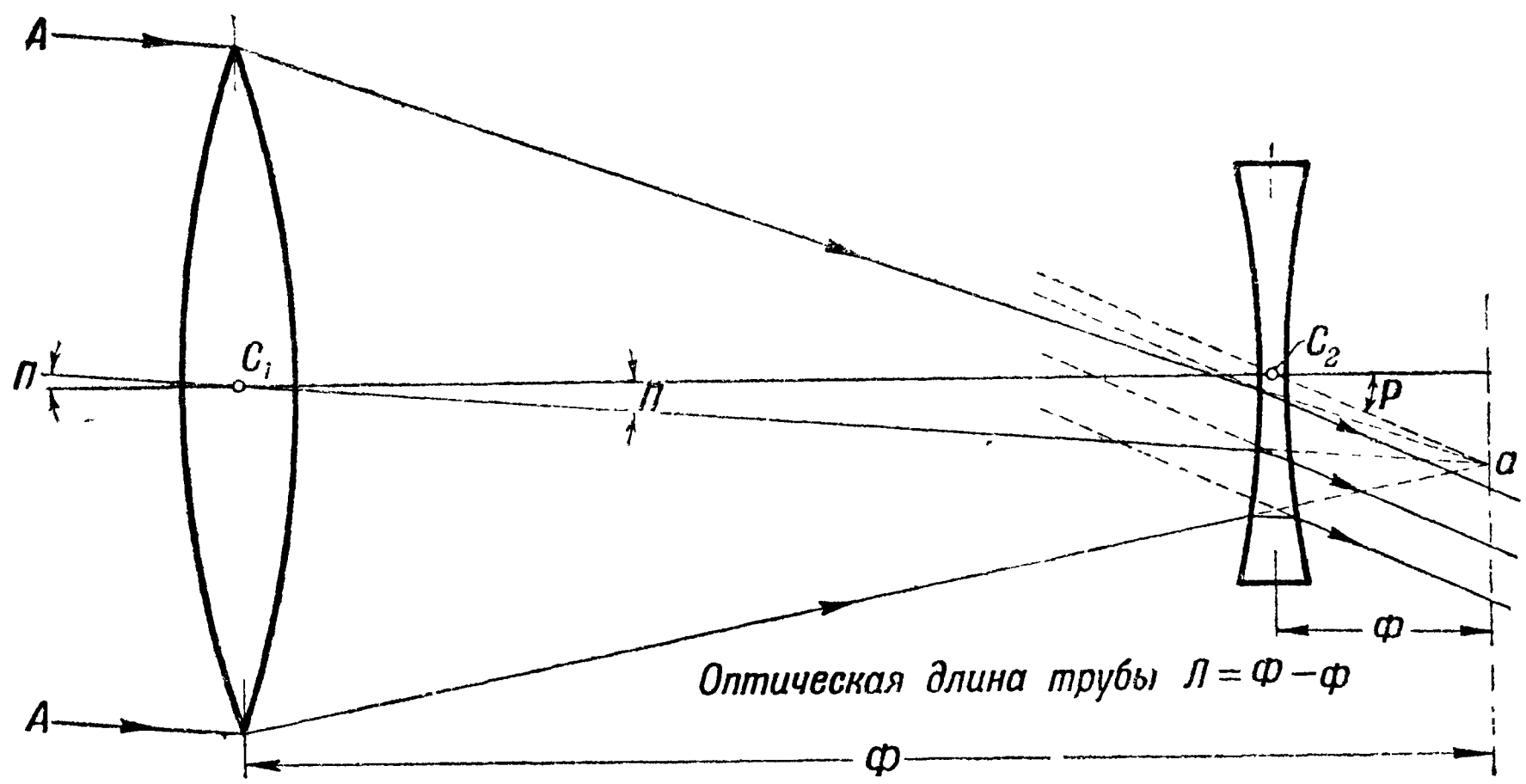


Рис. 66. Труба Галилея.

сеивательное стекло, которое отклонит лучи от оси, но стекло это поставлено так, чтобы лучи направлялись в его фокальную плоскость, поэтому, преломившись в нем, они пойдут пучком параллельных лучей. Направление лучей дает побочная ось, проведенная через точку, куда

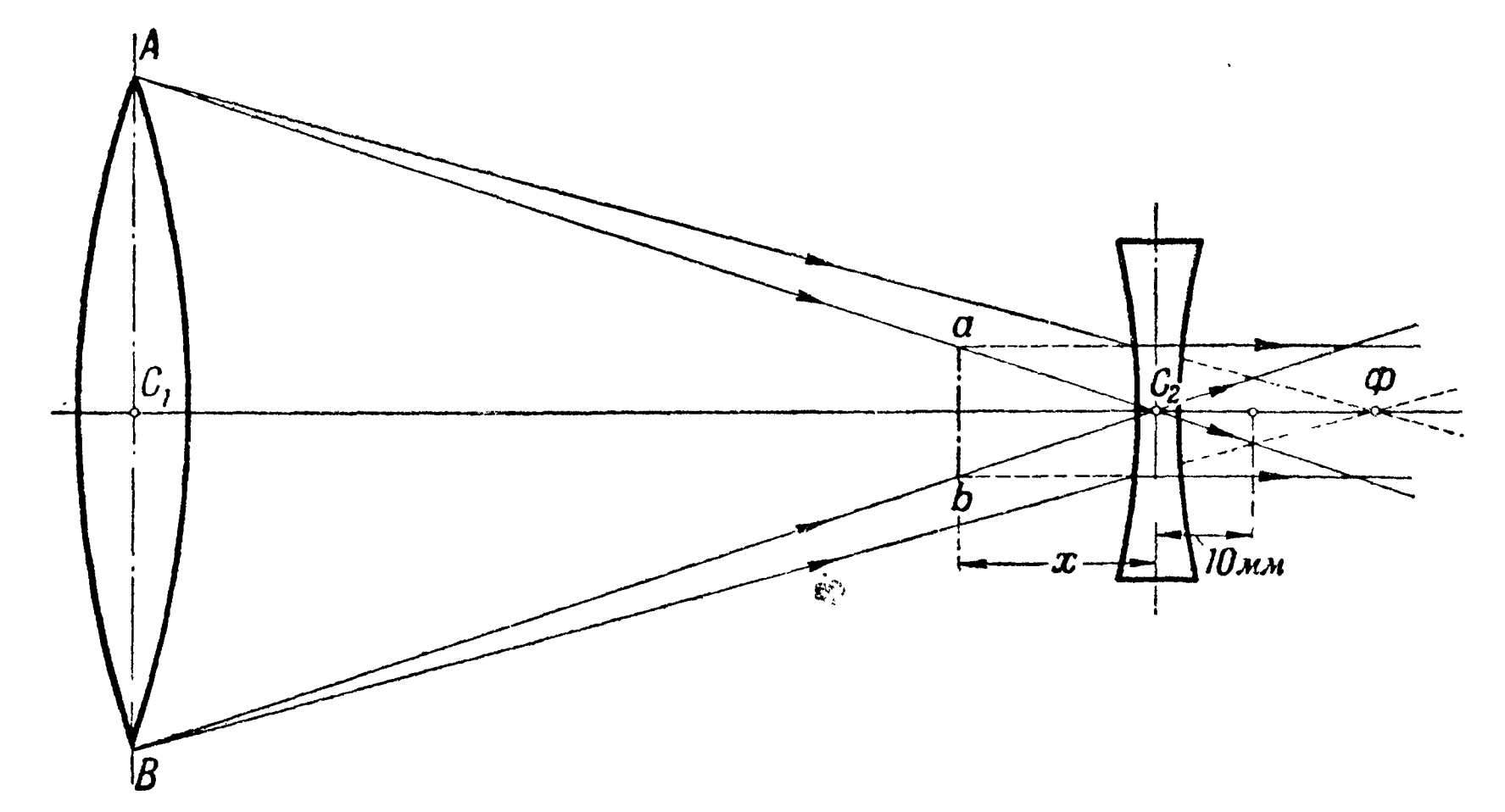


Рис. 67. Глазной кружок трубы Галилея.

направлялись бы лучи, если бы не было окуляра. Глаз, получив впечатление от параллельных лучей, увидит мнимое изображение предмета: оно будет прямое и увеличенное (рис. 66). Угол $П$ — истинное поле зрения трубы, угол P — окулярное поле зрения.

Построим теперь глазной кружок, т. е. изображение объектива, данное окуляром (рис. 67). Возьмем от верхней и нижней точек объектива (как от предмета) два луча; один через оптический центр окуляра пройдет, не преломляясь; второй по направлению мнимого фокуса окуляра, пройдя стекло, отклонится от оси и пойдет параллельно ей. Так как, пройдя стекло, лучи от каждой точки предмета пойдут расходящимися, то мысленное пересечение их будет в направлении обратном, т. е. перед окуляром, в расстоянии X от него, где и образуется глазной кружок, который будет мнимый, и, следовательно, зрачок наблюдателя не может быть совмещен с ним.

Формулы увеличения и величины глазного кружка такие же, как и для трубы Кеплера, но благодаря тому, что глазной кружок находится внутри трубы, от его диаметра зависит не только светосила трубы, но и поле зрения ее, в противоположность трубе Кеплера, у которой изменение диаметра объектива сопровождается лишь изменением светосилы, а поле зрения трубы остается неизменным.

Для увеличения видимого поля зрения глаз должен быть возможно ближе к окуляру, но быть приставленным вплотную он не может, чтобы ресницы глаза не касались стекла или оправы окуляра; поэтому расстояние глаза до окуляра надо принять не менее 10 *мм*. Соединение двух таких труб, скрепленных так, что оптические оси их параллельны между собой, а расстояние между ними равно расстоянию между глазами наблюдателя, будет представлять собой бинокль. Так как глазной кружок всегда больше отверстия зрачка глаза, то расстояние между окулярами можно делать неизменным, и обыкновенно оно делается 65-*мм* (соответствующим среднему расстоянию между глазами человека). Благодаря тому, что в бинокле две трубы находятся близко друг к другу, нельзя увеличивать поле зрения путем увеличения диаметра объектива дальше диаметра 65 *мм*, а принимая во внимание оправу и приспособление для фокусировки (кремальера), помещаемое между трубами, практически можно диаметр объектива делать не больше 50 — 55 *мм*.

Большими недостатками трубы Галилея являются:

1) отсутствие действительного изображения в трубе, благодаря чему невозможно дальнейшее усовершенствование трубы и нельзя применять ее в качестве трубы прицела, так как оптическая ось ее не может быть отмечена крестом нитей, устанавливаемым в фокальной плоскости, где получается действительное изображение;

2) значительно меньшая по сравнению с трубой Кеплера величина окулярного поля зрения; обыкновенно величина этого угла всего около 28°, поэтому такие трубы имеют очень небольшое увеличение (около 3 — 4), так как иначе истинное поле зрения будет ничтожно.

Преимущества трубы Галилея перед другими трубами, дающими прямое изображение:

а) При двух стеклах—прямое изображение.

б) Число преломляющих поверхностей мало и толщина стекол ничтожна; поэтому потери света в этой трубе невелики.

Если даже взять объективы и окуляры, склеенные из разных стекол, и то число поверхностей, граничащих с воздухом, будет всего четыре, т. е. потеря света на отражение от поверхностей будет около 16% от количества падающего света, а так как толщина всех стекол будет не

больше 1 *см*, то, отняв еще 1% на поглощение света, получим, что общая потеря света в трубе Галилея будет около 17%, а так как, как было указано раньше, глазной кружок у них гораздо больше, чем у трубы Кеплера, то это является особенно ценным при наблюдениях слабо освещенных предметов; поэтому бинокли Галилея являются по преимуществу биноклями ночными.

в) Трубы Галилея просты в производстве, прочны и дешевы.

ЧАСТЬ II

ДАЛЬНОМЕРЫ

§ 33. ТИПЫ ОПТИЧЕСКИХ ДАЛЬНОМЕРОВ, ПРИНЯТЫХ НА ВООРУЖЕНИЕ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА СССР

Все оптические дальномеры, принятые в настоящее время на вооружение Военно-Морского Флота СССР, могут быть разделены по принципу их конструкции на следующие два основных типа.

1-й тип: дальномеры типа „совмещение“. Их устройство основано на решении горизонтального прямоугольного треугольника на местности по катету (длина самого прибора) и противолежащему ему углу, который и берется прибором в момент измерения расстояния. Свое название—типа „совмещение“—эти дальномеры получили вследствие того, что процесс измерения расстояний этими дальномерами состоит в совмещении в одно целое верхней и нижней половин изображения предмета (коинсиденц) или в совмещении одинаковых точек двух изображений одного и того же предмета, причем в нижней половине поля зрения будет видно прямое изображение этого предмета, а над ней в верхней половине будет видно перевернутое изображение предмета, которое может передвигаться вправо и влево (инверт).

Характерным наружным признаком этого типа дальномеров служит наличие одного окуляра для измерения расстояний, ибо наблюдение в них производится одним глазом, поэтому дальномеры эти называются „монокулярные“, что в переводе на русский язык значит „одноокулярные“ (для одного глаза).

2-й тип: стереоскопические дальномеры. Устройство стереоскопических дальномеров основано на стереоскопическом свойстве глаз человека различать глубину пространства, т. е. видеть взаимное удаление предметов.

Так как глубинность (стереоскопичность) зрения достигается (§ 25) исключительно при наблюдении двумя глазами, то характерным отличительным признаком стереодальномеров является обязательное наличие в них не одного, а двух окуляров для одновременного наблюдения обоими глазами во время измерения расстояний.

Характеристика дальномера. Как у 1-го, так и у 2-го типа дальномеров свойства их зависят от величины базы и от конструкции, различной для дальномеров различных заводов и фирм.

Величина базы дальномера определяется расстоянием между центрами его концевых отражателей, т. е., грубо говоря, это есть длина трубы дальномера (длина базы исчисляется в метрах и иногда в футах).

Дальномеры изготовляются следующими наиболее известными фирмами.

1. Цейсс — германская фирма, одна из лучших.
2 Герц — тоже германская фирма.
3. Барр и Струд — английская старейшая дальномерная фирма.
4. Бауш и Ломб — американская фирма.

В настоящее время производство дальномеров успешно освоено в СССР. Чтобы определить дальномер, необходимо назвать все три его характеристики, т. е. тип, величину базы и фирму (завод), например: „дальномер совмещения 4,57 *м* Барра и Струда“ или „стереоскопический 3-*м* дальномер Цейсса“.

ОТДЕЛ I

ДАЛЬНОМЕРЫ ТИПА „СОВМЕЩЕНИЕ“

§ 34. ИДЕЯ УСТРОЙСТВА ДАЛЬНОМЕРОВ БАРРА И СТРУДА

Геометрический принцип устройства дальномеров заключается в решении прямоугольного треугольника на местности (рис. 68). Из математики известно, что для решения прямоугольного треугольника *АБЦ* необходимо знать две его данные, например, одну сторону *АБ* и угол *Ц*, и тогда все остальные данные смогут быть вычислены. Таким образом, если мы примем, что меньший катет *АБ* этого треугольника будет база (длина) дальномера и что дальномер измерит противолежащий базе

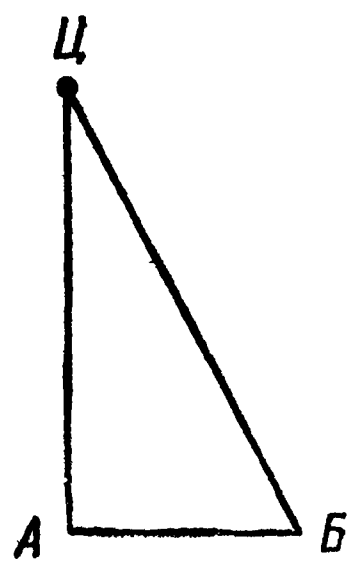


Рис. 68. Прямоугольный горизонтальный треугольник на местности.

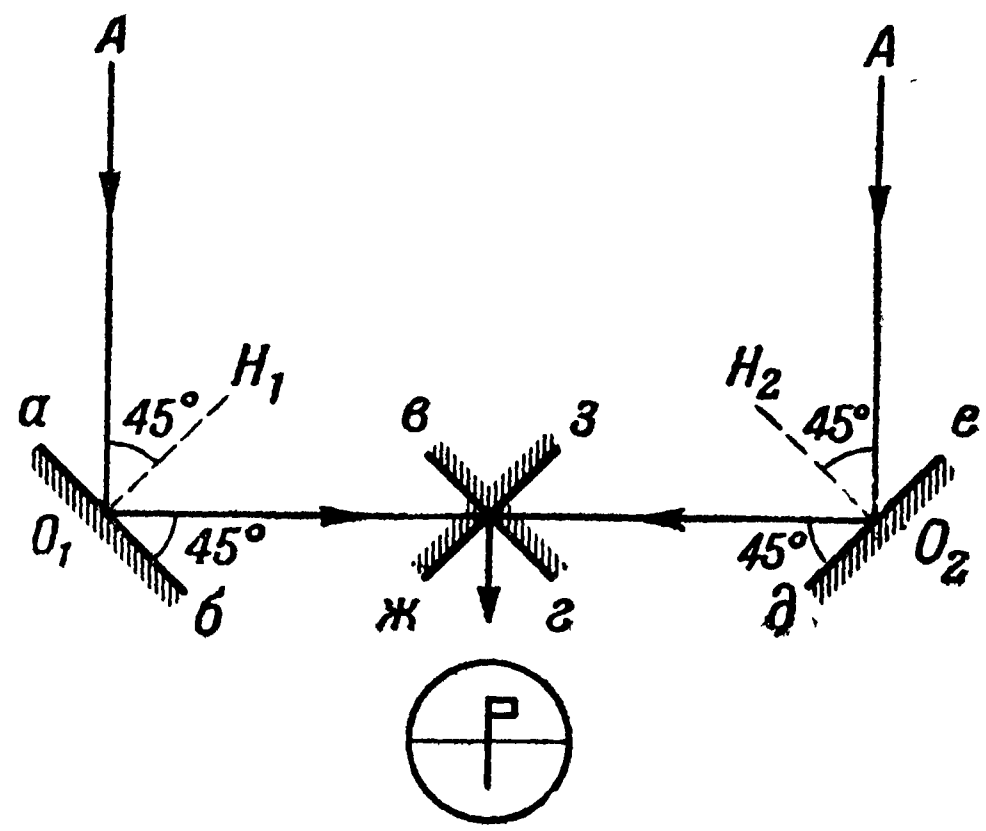


Рис. 69. Расположение зеркал в дальномере „совмещение“.

угол *Ц*, то можно будет вычислить величину большого катета, т. е. искомую дальность.

Таким образом, основная роль дальномера состоит в следующем.

1) Быстро измерить угол *Ц* при цели; так как вершина этого угла в треугольнике *АБЦ* противолежит самому дальномеру *АБ*, т. е. находится в другой точке, чем сам дальномер, то это измерение можно выполнить только оптическим способом, т. е. работая с изображением цели *Ц*.

2) Одновременно с измерением угла (величина которого собственно для дальномерщика неинтересна) надлежит быстро и автоматически вычислять сторону *АЦ* треугольника, представляющую собой искомую величину интересующего нас расстояния *Д* до цели, и получать величину этого расстояния в кабельтовых, в виде отсчета на шкале дальномера.

Схема идеи оптического устройства дальномера. Вообще говоря, измерение угла при цели оптическим методом может быть выполнено несколькими способами. Рассмотрим способ, предложенный Барром и Струдом.

Пусть цель (рис. 70) находится в некоторой точке *Ц*. Развернув дальномер на его тумбе, мы всегда можем привести его в такое положение O_1O_2, при котором направление луча $ЦO_1$, идущего к левому объективу дальномера, будет перпендикулярно к направлению длины базы O_1O_2 дальномера, и треугольник $ЦO_1O_2$ на местности будет всегда прямоугольный при точке O_1. Оговорив эти обстоятельства, переходим к описанию оптической схемы прибора.

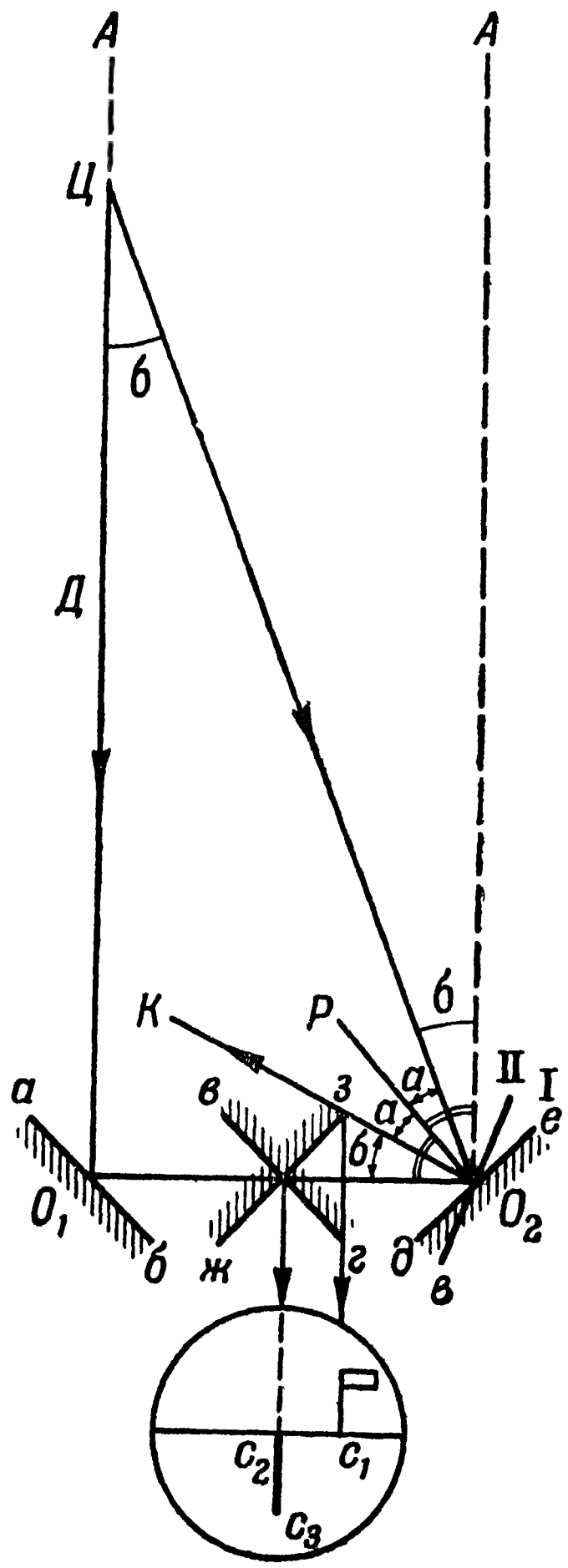


Рис. 70. Принцип измерения дальномером параллактического угла.

Первоначальный прибор (рис. 69) был сконструирован следующим образом. В металлической трубе O_1O_2 по концам ее были установлены два плоских зеркала *аб* и *де* под углом 45° к оси трубы O_1O_2. Кроме них посредине трубы были установлены (тоже под углом 45° к оси трубы) еще два зеркала *вг* и *жз*, одно над другим, и, следовательно, вдвое меньших по высоте. Эти зеркала были поставлены одно над другим так, что угол между ними составлял 90°. Таким образом, получилось, что каждое из средних зеркал (например, *жз*) было параллельно одному концевому (например, *де*), причем параллельные зеркала были обращены своими отражательными поверхностями друг к другу.

Рассмотрим сначала ход лучей от предмета бесконечно удаленного (рис. 70).

Лучи света от бесконечно удаленного предмета *А* идут параллельным пучком и принимаются концевыми зеркалами *аб* и *де*.

Направление падающих лучей AO_1 и AO_2 будет всегда перпендикулярно базе O_1O_2 дальномера, ибо, как уже было упомянуто выше, перед тем как начать наблюдения, мы должны развернуть дальномер на его тумбе таким образом, чтобы направление луча AO_1 было перпендикулярно направлению базы O_1O_2 дальномера.

Построив в точках O_1 и O_2 перпендикуляры к поверхностям концевых зеркал *де* и *аб*, получим углы падения в 45°, ибо концевые зеркала поставлены под углом 45° к направлению базы O_1O_2.

Углы отражения лучей будут тоже 45°, но уже по другую сторону от перпендикуляров. Следовательно, лучи (AO_1 и AO_2) отклоняются всего на 90° от своего первоначального направления AO_1 и AO_2, т. е. пойдут вдоль базы.

Далее, лучи на своем пути вдоль базы O_1O_2 встретят средние зеркала *вг* и *жз*. Следовательно, на них одновременно с двух сторон упадут параллельные пучки лучей от одного и того же предмета *А*.

Так как средние зеркала расположены своими отражательными поверхностями *вг* и *жз* в разные стороны и одно зеркало *зж* находится выше другого *вг*, то верхнее зеркало *жз* отразит только верхнюю часть предмета (так как нижняя часть лучей, идущих справа, упадет на заднюю сторону нижнего зеркала и пропадет), а нижнее зеркало *вг*, подобно этому, отразит только нижнюю часть предмета. Благодаря такому устройству в поле зрения дальномера будет видно одно целое изображение предмета, разделенное посредине так называемой „раздельной" линией, которой является естественная граница соприкасающихся кромок зеркал. При этом верхняя часть изображения предмета получится от одного конца дальномера (обыкновенно правого) и нижняя часть—от другого (левого).

Когда предмет находится на конечном расстоянии (рис. 70), то лучи не могут итти к обоим концам базы, оставаясь параллельными.

Если мы направим трубу так, чтобы лучи $ЦО_1$, идущие к левому отражателю O_1, были перпендикулярны оси трубы, то получим изображение C_2C_3 нижней части предмета посредине поля зрения трубы. Лучи же, упавшие на правое зеркало O_2, отразившись от него под некоторым углом *а*, пройдут по новому направлению O_2K, т. е. отклонятся от базы, и потому попадут ближе к краю среднего зеркала *жз*, а отразившись от него, дадут изображение верхней части предмета, смещенное вправо относительно нижнего. Наличие этого явления, т. е. смещение верхней и нижней половин изображения, и дает нам возможность определить угол *б* при наблюдаемом предмете *Ц* по величине смещения C_2C_1, и, следовательно, дает второе данное для решения прямоугольного треугольника $ЦO_1O_2$, так как база дальномера O_1O_2 нам точно известна.

Как видно из рис. 70, на местности получается горизонтальный прямоугольный треугольник $ЦO_1O_2$, у которого за базу принимают расстояние O_1O_2 между центрами концевых отражателей; $ЦO_1$ — искомое расстояние *Д*; $O_1ЦO_2$, равное *б*, есть угол, который измеряется дальномером.

Измерение угла при цели. Лучи от предмета *А*, находящегося бесконечно далеко (рис. 69), упавшие на оба концевые зеркала дальномера перпендикулярно базе, отразившись от них, пойдут вдоль базы, и мы увидим одно совмещенное изображение предмета, т. е. в этом случае угол между лучами, упавшими на правый и на левый концы дальномера, равен нулю.

При нахождении предмета на конечном расстоянии (в точке *Ц*, на перпендикуляре к левому концу дальномера) лучи, упавшие на левое зеркало (рис. 70), отразившись от него, пойдут вдоль базы, и мы увидим нижнюю часть предмета посредине поля зрения трубы; на правое же концевое зеркало O_2 лучи упадут не перпендикулярно базе и, отразившись от него, пойдут не вдоль базы, а по некоторому направлению O_2K, почему попадут только на край среднего зеркала *жз*. Отразившись от края среднего зеркала *жз*, лучи дадут верхнюю половину изображения предмета, но смещенную относительно нижней вправо.

Для того чтобы совместить верхнюю половину изображения предмета с нижней, начнем поворачивать правое зеркало около точки O_2 против движения часовой стрелки, пока изображение не будет точно совмещено; тогда отраженные от правого зеркала лучи пойдут вдоль базы. Зеркало пришлось повернуть для этого из положения *I* (под углом 45° к базе) в положение *II*, на некоторый угол *в*. Из курса оптики известно, что при повороте зеркала на какой-нибудь угол отраженные от него лучи поворачиваются на угол вдвое больше (§ 6), т. е. в данном случае угол $KO_2O_1 = 2$ *в*, т. е. равняется двойному углу поворота зеркала.

Но угол KO_2O_1 = углу $ЦO_2A$, так как от углов PO_2A и PO_2O_1, равных каждый 45°, отнято по равному углу *а*; угол же $AO_2Ц$ равен углу $O_2ЦO_1$ как внутренний накрест лежащий. Следовательно, повернув внутри прибора правое зеркало на такой угол *в*, при котором обе половины предмета будут совмещены, и помножив этот угол на 2, мы будем иметь величину угла *б* при цели, т. е. второе данное для решения прямоугольного треугольника.

Для быстроты определения расстояний в дальномере фактически не дается величина угла *в* поворота зеркала, а просто из треугольника $ЦO_1O_2$ вычисляется по известному всегда постоянному катету O_1O_2 (база прибора) и по ряду значений измеренного угла *б* ряд значений другого катета $O_1Ц$, т. е. ряд расстояний *Д* до цели. Эти расстояния нанесены на шкале дальномера и выражены в кабельтовых.

Таким образом, связав механической передачей поворот зеркала O_2 со шкалой расстояний, можно, сведя обе половины изображения цели, тотчас же по шкале расстояний прочитать отсчет расстояния до цели.

Первоначально такой дальномер и был сконструирован фирмой Барра и Струда, но так как величина угла, противолежащего базе, очень мала, например, наибольшая величина угла у 9-футового дальномера будет при расстоянии 5 кабельтовых равняться всего 10′ (10 угловым минутам), то механически связать маленький поворот зеркала с передвижением шкалы, на которой деления должны быть довольно крупные, оказалось возможным только при помощи большой передачи, а при ней обязательно появятся мертвые хода, уменьшающие точность дальномера.

Поэтому теперь для смещения луча вращением концевого зеркала не пользуются и закрепляют его неподвижно. Для сведения же половин изображения ставят в одной из половин трубы дальномера либо одну призму, передвигающуюся вдоль оси дальномера, либо две одинаковые призмы, вращающиеся одна навстречу другой.

§ 35. РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ОТКЛОНЕНИЯ ЛУЧА ДЛЯ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Способ 1-й: передвижением одной призмы

Совмещение изображений посредством передвижения одной призмы (стеклянного клина) вдоль базы дальномера является способом, наиболее часто применяемым в дальномерах.

Пусть рис. 71 представляет оптическую схему правой половины дальномера.

Сначала надо установить нулевое положение призмы (клина), т. е. то, которое соответствует пучку параллельных между собой лучей (исходящих от бесконечно удаленного предмета). Для этого, установив призму (клин) в крайнее левое положение, которое допускается конструкцией дальномера, будем наблюдать бесконечно удаленный предмет (например, луну), добиваясь совмещения обеих половин изображения путем вращения правого концевого отражателя. Добившись точного совмещения изображений, закрепляем наглухо правый концевой отражатель в этом положении. Таким образом, крайнее левое положение призмы (клина) будет соответствовать бесконечности и явится основным (т. е. нулевым).

Теперь возьмем предмет на каком-нибудь конечном расстоянии и будем его наблюдать, оставив призму (клин) в основном положении. Лучи, идущие от этого предмета, отразятся от правого концевого отражателя и пойдут по новому направлению.

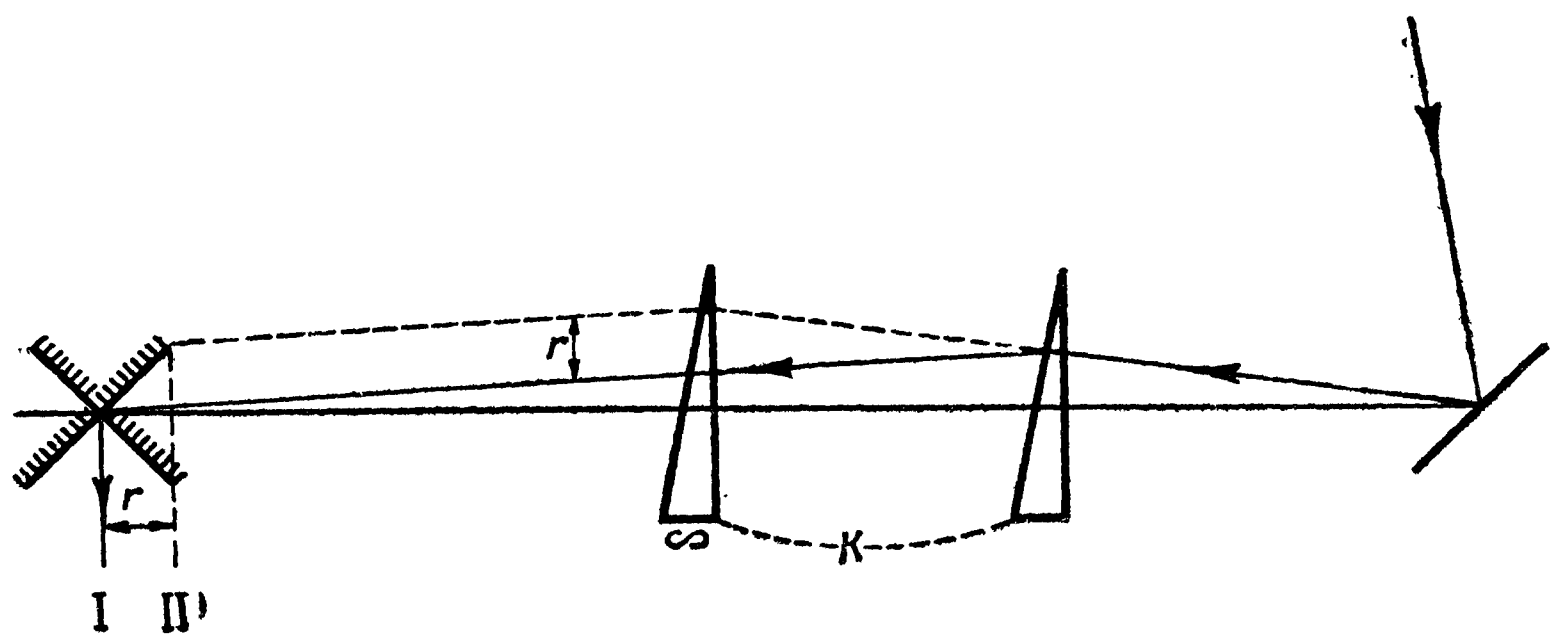


Рис. 71. Передвижение клина для совмещения изображения.

Преломившись в призме (клине), находящейся в левом положении, и отразившись от среднего зеркала, правый луч пойдет по направлению *II*, в то время как левый луч после отражения от среднего зеркала пойдет по направлению *I*, т. е. верхняя и нижняя половины изображения предмета будут смещены на некоторую величину *r*. Для того чтобы добиться совмещения обеих половин изображения, придется призму (клин) передвинуть вправо на некоторую величину *K*. Чем ближе находится к дальномеру предмет, тем больше вправо придется передвинуть призму (клин).

Отсюда следует, что когда предмет находится в самом близком расстоянии, то призма (клин) должна быть в самом правом положении; если предмет находится в бесконечности, то призма (клин) должна быть в крайнем левом положении.

Способ 2-й: с помощью двух призм

Совмещение обеих половин изображения можно осуществить и при помощи двух одинаковых призм (клиньев), вращающихся в противоположные стороны.

На рис. 72 и 73 представлены два предельных положения призм, причем в первом случае призмы повернуты на 180° друг относительно друга и образуют плоско-параллельную пластину, вследствие чего луч,

проходящий через эту систему, не изменит своего направления, т. е. угол преломления будет 0°. Для второго случая, т. е. когда вершины призм направлены в одну сторону, преломляющий угол будет иметь наибольшую величину, так как и та и другая призмы отклонят луч в одну сторону, и потому луч будет иметь максимальное отклонение. Промежуточным взаимным положениям призм соответствуют различные отклонения луча.

Рис. 72. Два одинаковых клина основаниями в разные стороны (угол отклонения луча 0°).

Рис. 73. Два клина основаниями в одну сторону (угол отклонения максимальный).

Таким образом, при вращении призм мы будем получать такой же результат, как будто бы у нас была одна призма, у которой преломляющий угол меняется от нуля до некоторой максимальной величины в обе стороны, и, следовательно, отклонение луча будет тоже меняться.

Рассматривая рис. 74, мы видим, что если бы не было призм (или если они стояли бы основаниями в разные стороны), то первый луч пошел бы после отражения от среднего зеркала по направлению *II*, т. е. был бы смещен вправо на величину *r*.

Чтобы заставить этот луч итти по направлению *I*, нужно установленные призмы вращать до тех пор, пока они не представят собой одну призму с нужным преломляющим углом. Вращая измерительный валик, мы вместе с разворачиванием призм вращаем еще дистанционный барабан, на котором нанесена по винтовой линии шкала дистанций в кабельтовых (или в метрах).

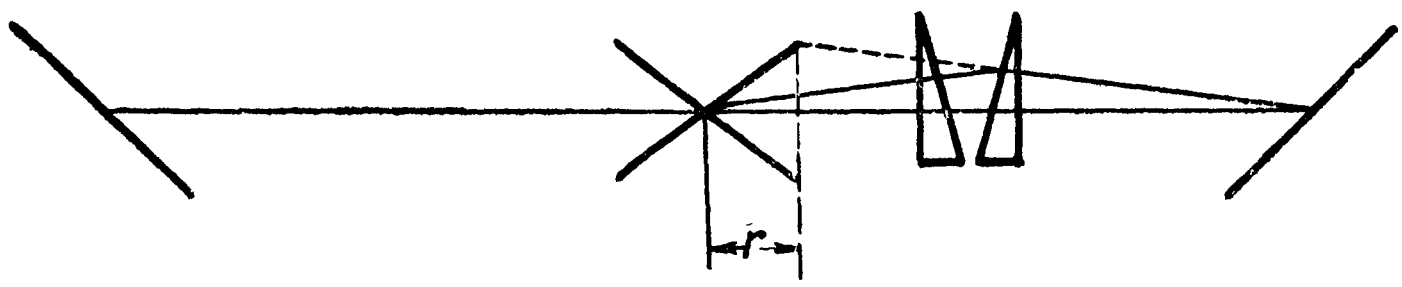


Рис. 74. Совмещение изображений вращением двух клиньев.

§ 36. ПОГРЕШНОСТИ ДАЛЬНОМЕРОВ

Необходимость выверки дальномеров. Всякий прибор, а в особенности точный, для получения при пользовании им правильных результатов обязательно требует предварительной выверки его перед каждым пользованием. Оптические прицелы артиллерийских орудий перед каждой стрельбой проверяются на согласование с осью орудия и между собой.

Если не производить этих выверок, то нельзя быть уверенным и в правильности получаемых результатов. Поэтому следует принять за правило, что всякий прибор, а в особенности такой сложный, как оптический горизонтально-базный дальномер (т. е. типов „совмещения“ и „стерео“), перед каждым пользованием (даже в течение одного дня) обязательно нужно проверять. Эта проверка должна быть выполнена перед самым наблюдением обязательно тем дальномерщиком, который будет работать на дальномере, а не каким-либо другим, ибо у каждого человека имеются свои личные ошибки.

Ошибки дальномера. Все многочисленные выверки указанных дальномеров как оптического, так и механического характера производятся первоначально на оптических заводах, изготовляющих дальномеры, и особенно при приемке последних от завода артиллерийским приемщиком.

Однако как ни совершенна конструкция современных дальномеров, все же она не может дать полной неизменяемости расположения частей дальномера в переменных условиях его работы, как, например, при изменении температуры, перемене влажности, тряске и т. п. Эти причины расстраивают регулировку внутренних частей дальномера и вызывают следующие основные погрешности, или, как их принято называть, ошибки:

1) ошибка по высоте, или ошибка на половинение;
2) ошибка по дальности, или ошибка на согласование;
3) параллактическая ошибка.

Рассмотрим теперь, в чем сказываются эти три основные погрешности, и познакомимся с теми приемами, которые служат для их обнаружения. Приемы же их уничтожения будут сообщены для каждого типа дальномера отдельно.

1. ОШИБКА НА ПОЛОВИНЕНИЕ (ОШИБКА ПО ВЫСОТЕ)

Оптическая схема дальномера собирается в его внутренней трубе и представляет собой сочетание как бы двух зрительных труб (правой и левой), сложенных вместе. Каждая труба дает свое изображение, но оба изображения рассматриваются в один окуляр. При правильном положении внутренней трубы относительно наружной трубы дальномера в поле зрения получается правильная картина изображения предмета.

При хотя бы немного приподнятом или опущенном одном конце трубы получается ошибка на половинение, которая обнаруживается ярче всего при наблюдении конусообразных или круглых предметов. В дальномер при этом будет видно, что верхняя часть изображения предмета будет как бы опущена в нижнюю или, наоборот, приподнята над нижней.

В первом случае такое „половинение“ называется отрицательным и происходит оттого, что часть лучей верхней половины изображения оказывается ниже раздельной линии, и потому та часть верхней половины изображения, которую они должны были дать, пропадает.

Во втором случае половинение называется положительным и вызывается тем, что верхняя половина изображения поднимается, и та часть ее, которая должна лежать ниже раздельной линии и быть невидимой глазу, сделается видимой. При наблюдении же конусообразного или круглого предмета при наличии у дальномера половинения на контуре предмета у раздельной линии будет видна ступенька.

Можно обнаружить половинение у дальномера и следующим способом. Наведя дальномер на звезду или на небольшой предмет на поверхности моря, привести все изображение в нижнюю часть поля зрения (под раздельную черту), затем, медленно и плавно поворачивая дальномер вокруг оси, перевести изображение в верхнюю половину поля зрения. В случае, если верхушка изображения появится в верхнем поле зрения одновременно с исчезновением ее в нижнем, это покажет на отсутствие ошибки на половинение. Если верхушка изображения появится в верх-

нем поле зрения позже исчезновения ее в нижнем, это покажет на присутствие отрицательной ошибки на половинение. Если же верхушка изображения появится в верхнем поле зрения ранее исчезновения ее

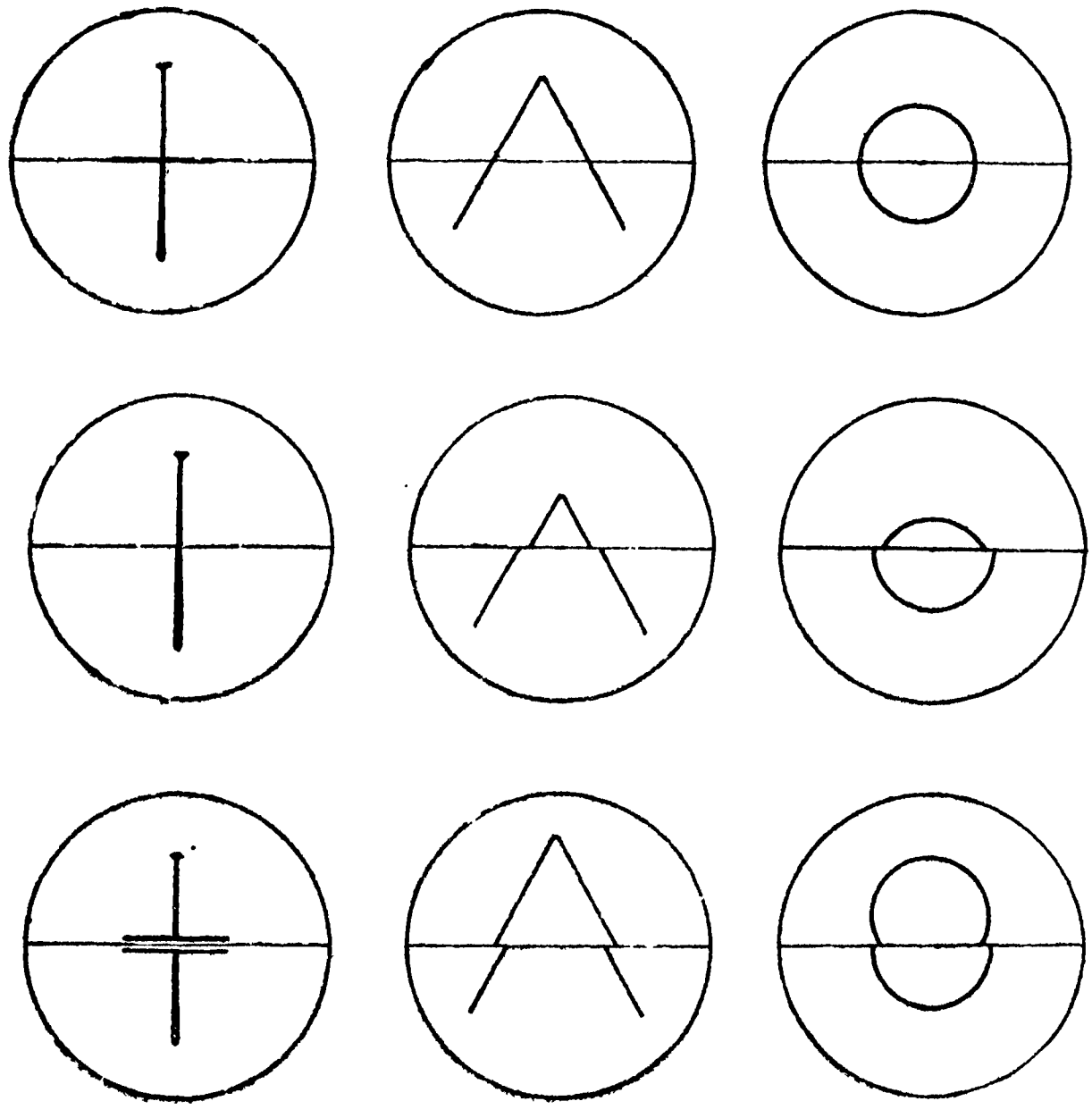


Рис. 75. Ошибка по высоте в дальномерах „совмещение“ (1-й ряд—ошибки нет).

в нижнем, то это укажет на существование положительной ошибки на половинение.

На рис. 75 в первом ряду показано изображение, когда ошибки на половинение нет; во втором ряду показано отрицательное половинение, а в третьем — положительное.

Влияние ошибки на половинение. Наличие ошибки на половинение не влияет на точность показаний дальномера в том случае, если предмет, до которого определяют расстояние, ограничен вертикальными линиями. Если же предмет имеет контур шара, пирамиды и т. п., то прибор покажет верно только в том случае, если мы сумеем совершенно симметрично расположить верхнее изображение над нижним, что будет тем труднее сделать, чем больше ошибка на половинение. Малейшее же несоблюдение симметричности сразу вызовет ошибку в определяемом расстоянии, особенно на больших дистанциях.

Два рода приспособлений для уничтожения ошибки на половинение. Для уничтожения ошибки на половинение нужно приподнять или опустить одно из изображений настолько, чтобы получилось цельное изображение. Приспособления для уничтожения ошибки на половинение бывают двух родов: механические и оптические.

а) Механические имеют то преимущество, что в дальномере не устанавливается лишних стекол специально для уничтожения погреш-

ности. Идея их устройства следующая. Во внутреннюю трубу дальномера (рис. 76), в которой обыкновенно находятся все стекла (кроме окуляра и концевых отражателей), ввинчивается с одного края (обыкновенно правого) специальный болтик, свободно вращающийся в наружной трубе. Болтик этот установлен таким образом, что при вращении его ключом, надеваемым на его головку, один край внутренней трубы вместе с находящимся в нем объективом будут подниматься или опускаться в плоскости, перпендикулярной плоскости измерительного треугольника. Следовательно, и лучи в этой части дальномера будут опущены или приподняты относительно лучей в другой части дальномера, где объектив останется на месте.

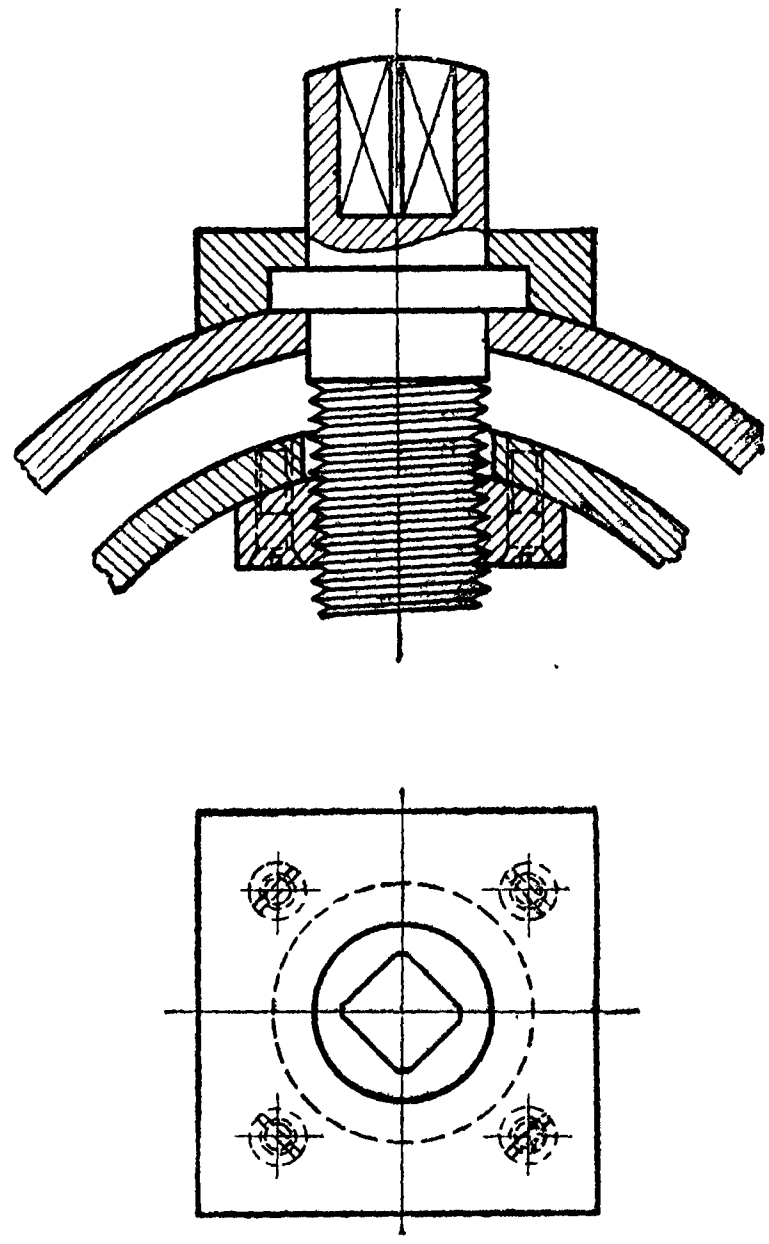


Рис. 76. Механический принцип уничтожения ошибки по высоте.

б) Оптическим путем уничтожается эта ошибка чаще всего тем, что в одной части дальномера устанавливают плоскую пластинку с параллельными гранями, которую можно наклонять. При этом известно, что если пластинка будет стоять перпендикулярно лучам, то они пройдут через нее, не изменяя своего направления; если же пластинку наклонить, то лучи будут падать на нее под углом, и новое направление их, оставаясь параллельным прежнему, будет смещено вверх или вниз.

Выверку дальномера на половинение необходимо обязательно производить первой, т. е. до выверки дальномера на согласование.

2. ОШИБКА НА СОГЛАСОВАНИЕ (ОШИБКА ПО ДАЛЬНОСТИ)

Ошибка на согласование обнаруживается при измерении расстояния до предмета, истинное расстояние до которого нам точно известно, и состоит в том, что показания дальномера при точно сведенном изображении предмета или среднее из нескольких измерений не соответствует действительной дистанции.

Происхождение ошибки на согласование. Ошибка на согласование происходит вследствие горизонтального смещения стекол (главным образом объективов) в плоскости измерительного треугольника, другими словами, если сместятся стекла в дальномере от себя или к себе.

Уничтожение ошибки на согласование. У всех дальномеров сводящая призма передвигается вместе со шкалой против неподвижного индекса и у всех дальномеров имеется отдельное приспособление, при помощи которого можно, когда понадобится, уничтожить ошибку на согласование, передвинув либо призму, либо шкалу.

В тех типах дальномеров, где передвигается шкала, нужно при точно сведенных изображениях особым приводом передвинуть шкалу и под-

вести к неподвижному индексу цифру истинного расстояния. У других типов дальномеров, где от отдельного привода двигается призма, нужно измерительным валиком поставить верный отсчет (при этом передвигаются, конечно, и призма и шкала), а затем специальным приводом передвинуть призму, пока изображение предмета не будет опять точно совмещено.

Способы выверки на согласование. Выверка на согласование требует для возможности ее выполнения наличия предмета с точно известным до него расстоянием.

В зависимости от различных обстоятельств можно производить выверку следующими способами:

а) по земному предмету при известном до него расстоянии;

б) по небесным светилам (луна, звезды, солнце);

в) при помощи внутреннего или внешнего выверителей.

Предмет, по которому желают произвести выверку, должен удовлетворять следующим условиям:

1) у предмета должны быть четкие контуры, удобные для совмещения: например, мачта корабля или вертикальные цилиндрические, конические и шарообразные предметы;

2) контуры должны быть резко видны, т. е. должна быть хорошая видимость предмета, что зависит от освещенности его;

3) расстояние до предмета должно быть возможно большее, ибо случайная ошибка дальномерщика при этом окажет меньшее влияние.

Исходя из предъявляемых к предмету требований для выверки, можно теперь рекомендовать выбор способа выверки дальномера на согласование в указанной ниже последовательности.

Выбор способа выверки дальномера на согласование

а) Абсолютная выверка по внутреннему выверителю представляет собой целую систему стекол, дающих в дальномер пучок параллельных лучей, благодаря чему получается как бы искусственная бесконечность (устройство этой системы описано на стр. 71). Этим способом можно выверять дальномеры в море, на ходу, в тумане и вообще в любую погоду.

Если же в дальномере выверитель не абсолютный, то он может сам иметь некоторую ошибку и потому подлежит время от времени проверке по луне или земному предмету, и рекомендовать его как главный способ выверки дальномера уже нельзя.

б) Выверка по луне очень хороша, ибо луна обеспечивает выполнение всех требований, предъявляемых предмету, но она не всегда видна. Большим достоинством выверки по луне является еще то, что здесь не нужно вводить никаких лишних стекол (нужных только для выверки).

в) Выверка по звезде имеет тот большой недостаток, что нужно благодаря ничтожным размерам звезды вводить специальное стекло, называемое преобразователем, или астигматором, которое растягивает светящую точку (звезду) в светящуюся линию, иначе свести две половины звезды в одну будет очень затруднительно. При введении же лишнего стекла введется в выверку и ошибка его, между тем как работать с дальномером днем будем, очевидно, без астигматора.

г) Выверка по солнцу также требует ввода лишнего стекла, в данном случае затемняющего, которое тоже имеет свою ошибку; кроме того, благодаря этому стеклу края диска солнца получаются не особенно резкими, что несколько влияет на точность совмещения.

д) Выверка по земному предмету имеет тот главный недостаток, что в боевых условиях плавания выверка не всегда выполнима и, кроме того, необходимо точно знать истинное расстояние.

Для береговых дальномеров, где расстояние до постоянных береговых точек может быть точно известно, эта выверка может быть часто применима. Но и для этих дальномеров крайне важно, чтобы была абсолютная внутренняя выверка как обеспечивающая возможность проверить дальномер в любой момент (ночью, в тумане и т. п.).

Дальномер, правильно выверенный на одно расстояние, будет и все другие расстояния показывать правильно.

3. ПАРАЛЛАКТИЧЕСКАЯ ОШИБКА

Параллактическая ошибка происходит от смещения стекол вдоль оси дальномера.

Параллактическая ошибка обнаруживается, когда при сведенном изображении предмета одна часть его, например верхняя, будет видна

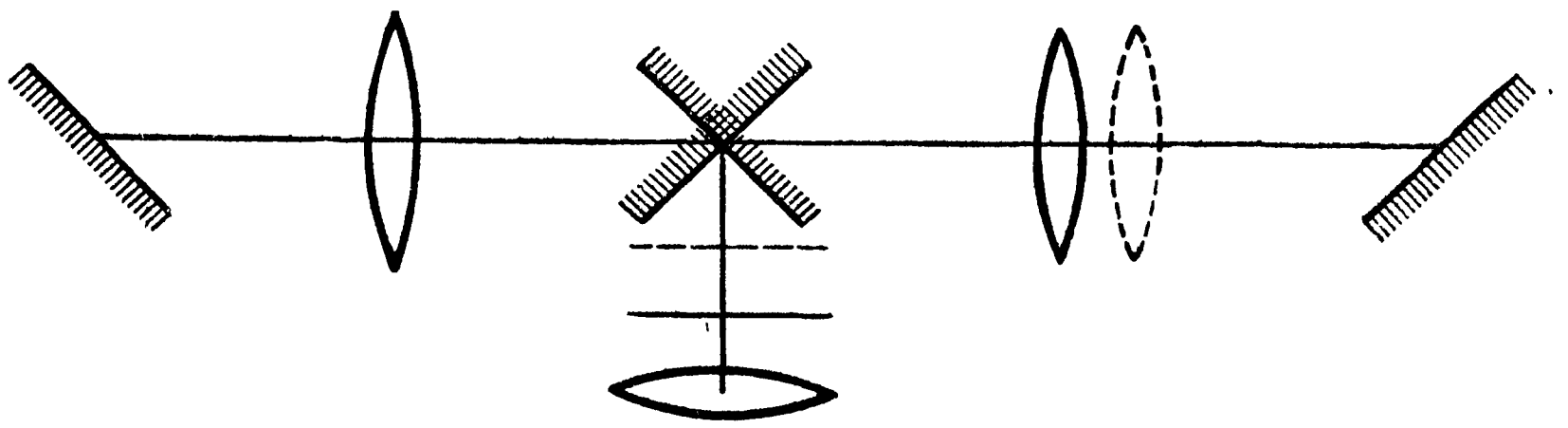


Рис. 77. Сдвиг объектива в дальномере „совмещение“ (параллактическая ошибка).

отчетливо, а другая, нижняя, — расплывчато. При перестановке же окуляра так, чтобы нижняя часть стала отчетливо видимой, верхняя половина становится расплывчатой. Происходит это потому, что фокальные плоскости обоих установленных в дальномере объективов, правого и левого, должны быть совпадающими; в случае же, если один из объективов сдвинется вдоль оси (на рис. 77 показано пунктиром), то и одна из фокальных плоскостей отойдет от другой; тогда, рассматривая оба изображения (и верхнее и нижнее) через один окуляр, нельзя будет при несовмещенных фокальных плоскостях установить окуляр по глазу одновременно к той и другой плоскости, и потому нельзя будет одновременно ясно видеть обе половины изображения.

Уничтожение параллактической ошибки производится либо перемещением одного из объективов вдоль базы, либо (чаще) перемещением коррекционной линзы (собирательное стекло, установленное только в одной стороне дальномера для уравнения величин изображений от правого и левого объективов). Но так как для этой работы необходима разборка дальномера, чего делать на корабле нельзя, то приходится мириться

с параллактической ошибкой, если она мала и не влияет на точность сведения изображений; в случае же большой ее величины для уничтожения ее необходимо дальномер отправить на завод.

§ 37. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ПЯТИМЕТРОВОГО ДАЛЬНОМЕРА ЦЕЙССА

1. ГЛАВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДАЛЬНОМЕРА

Конструктивные данные:

Длина базы дальномера	5 *м*
Шкал дистанции — две	наружная и внутренняя
Пределы разбивки шкалы дистанции	от 20 до 200 кб.
Система выверителя	внутренняя абсолютная
Окуляр дальномера наклонен к горизонтальной плоскости	под углом 45°

Оптические данные:

Увеличение дальномера	28 и 14
Истинное поле зрения	1°43′ и 2°27′
Диаметр выходного зрачка	2 *мм* и 4 *мм*
Светосила	4 и 16
Увеличение искателя	4
Истинное поле зрения искателя	9°

2. НАРУЖНОЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА

Дальномер состоит из наружного корпуса (со средней трубой) и внутреннего остова и имеет внутреннюю абсолютную выверку. Наружный корпус и средняя труба служат для защиты внутреннего остова. На наружном корпусе расположены валики приспособлений, необходимых

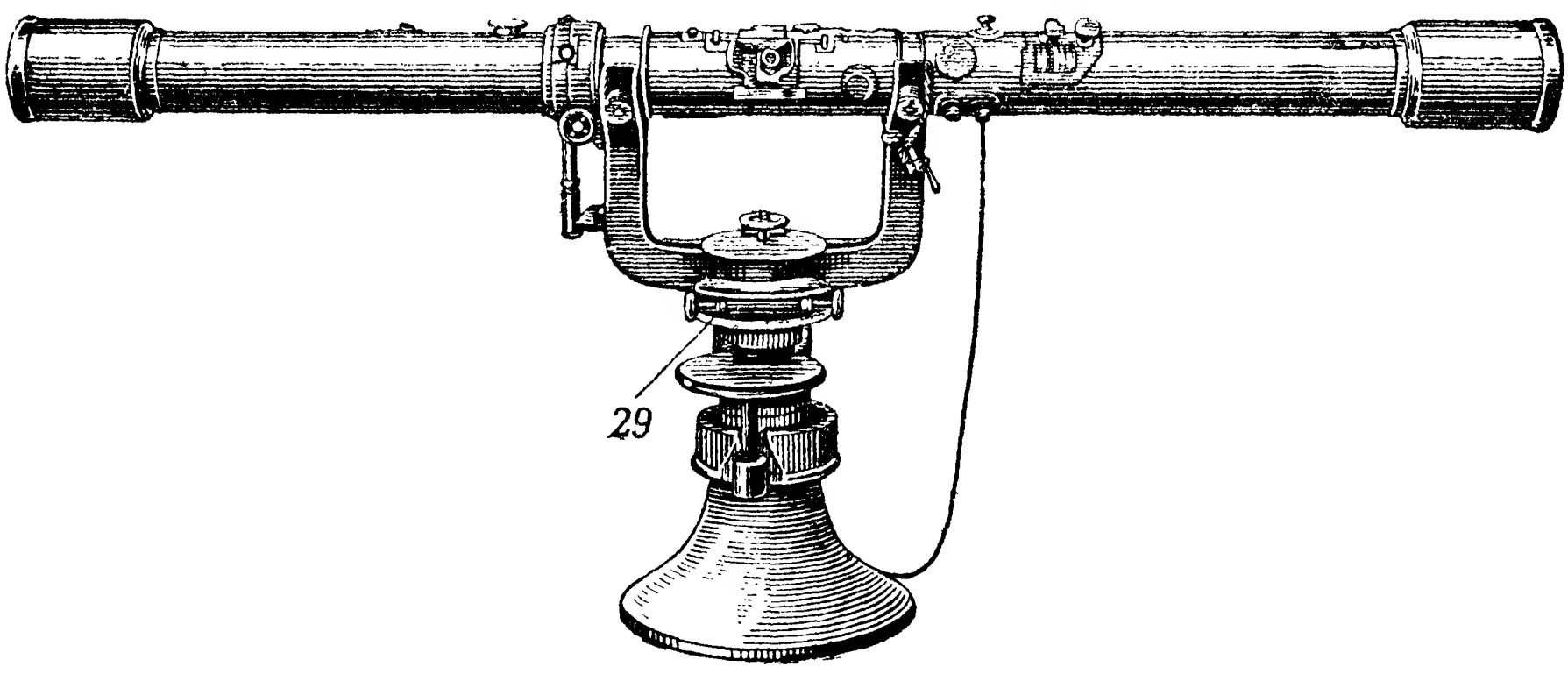


Рис. 78. Пятиметровый дальномер Цейсса (вид со стороны окуляра).

для измерения дистанций и для производства выверок дальномера Внутренний остов содержит особо чувствительные к внешнему воздействию части оптической системы дальномера — объективы и центральные призмы.

Оптика наружного корпуса состоит только из концевых отражателей и окуляра.

На рис. 78, 79, 80, 81 дан наружный вид дальномера с тумбой.

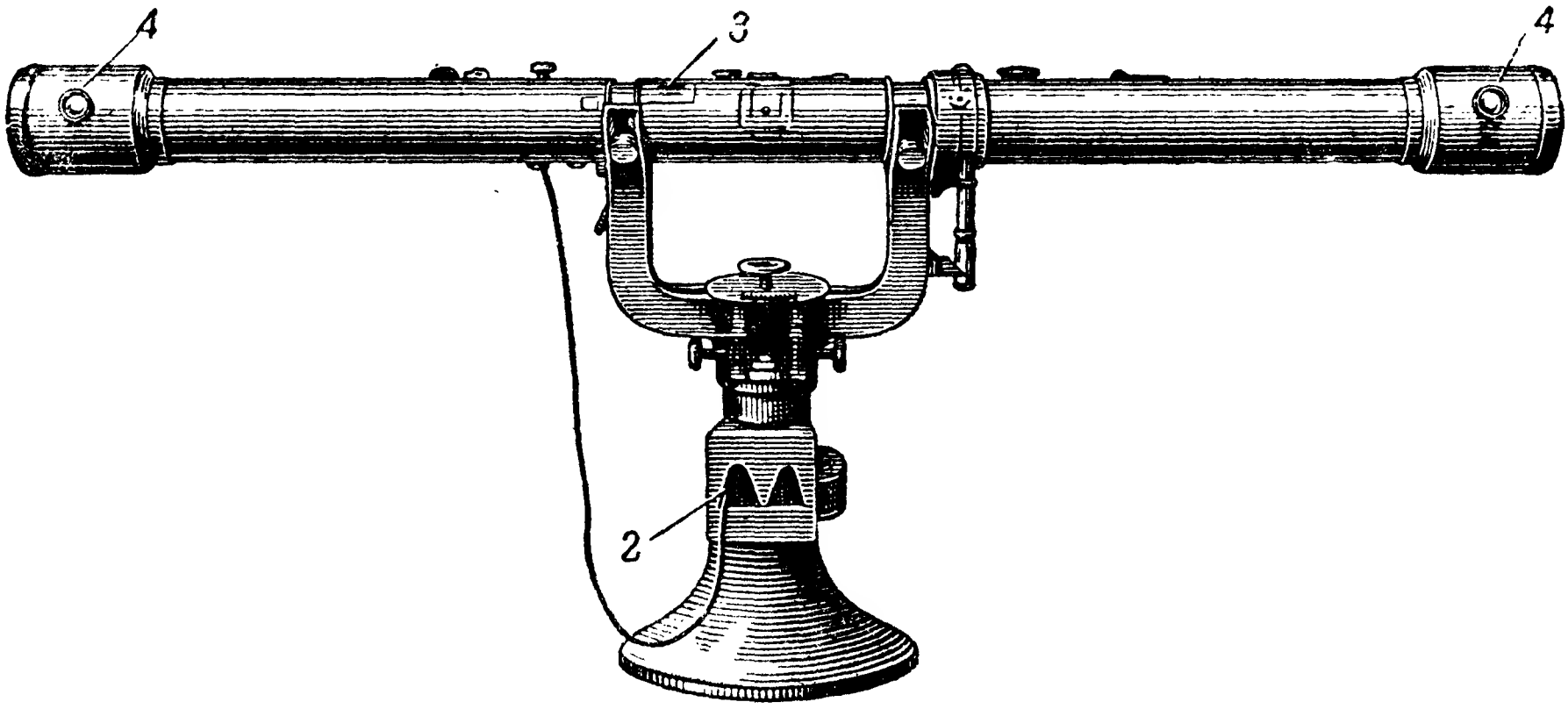


Рис. 79. Пятиметровый дальномер Цейсса (вид со стороны окошек отражателя).

На рис. 78 и 80 изображается вид со стороны окулярной части, на рис. 79 и 81 — вид со стороны окошек отражателя.

1 — стопор горизонтального наведения; *2* — аккумулятор для освещения; *3* — сводящий валик; *4* — кожухи, надеваемые во время дождя;

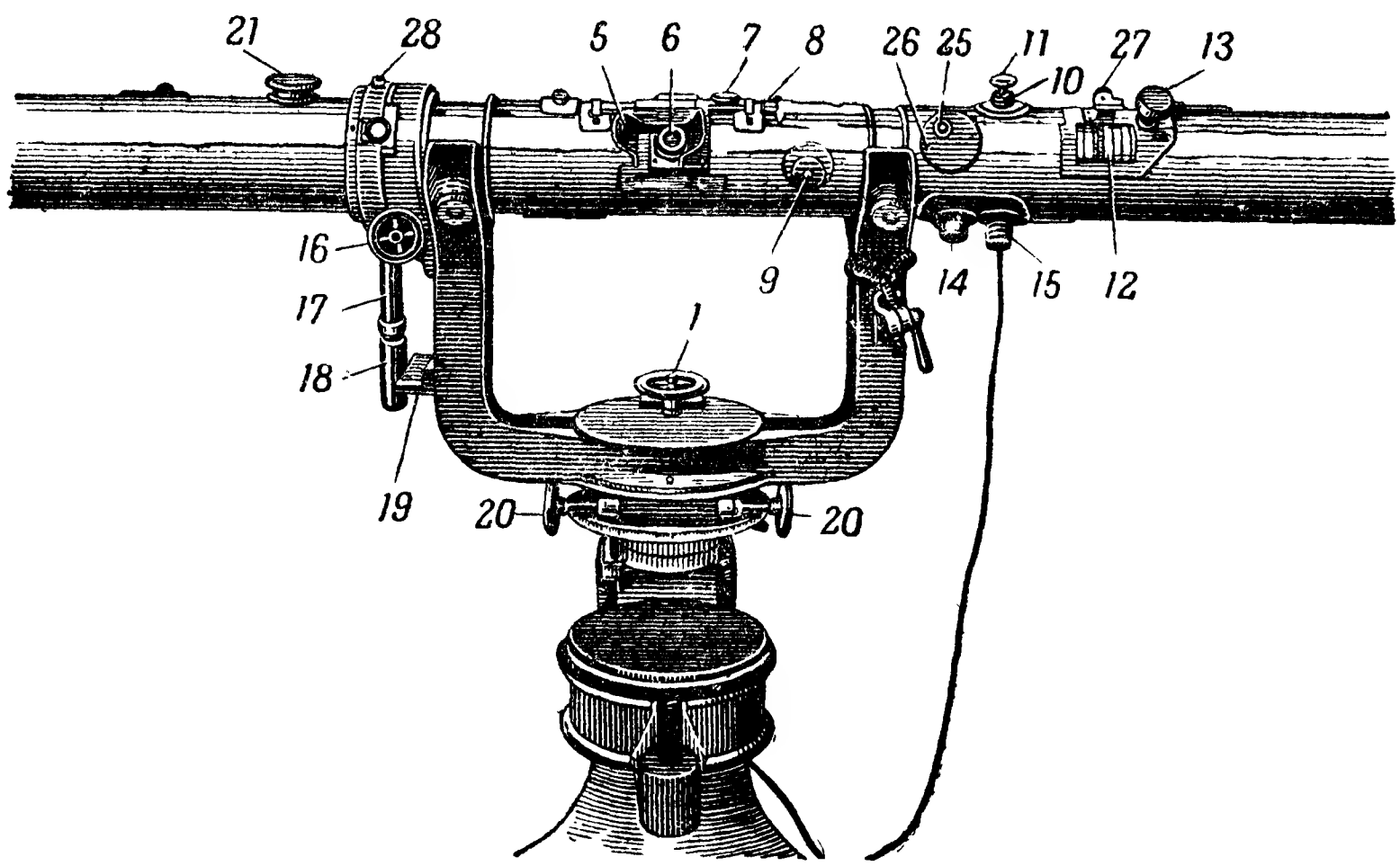


Рис. 80. Пятиметровый дальномер Цейсса (вид со стороны окуляра, средняя часть).

5 — резиновый наглазник; *6* — окуляр; *7* — маховичок перемены увеличений; *8* — рычажок, переключающий дальномер на искатель и вводящий темное стекло; *9* — маховичок астигматора; *10* — приспособление для выверки на половинение; *11* — съемный ключ для выверок; *12* — шкала

расстояний; *13* — съемная кнопка для согласования наружной шкалы с внутренней (у большинства дальномеров ее нет, так как обе шкалы соединены вместе); *14* — переключатель; *15* — штепсель; *16* — маховичок точной вертикальной наводки; *17* — рычаг для грубой вертикальной наводки дальномера; *18* — стопор грубой вертикальной наводки для перевода на точную наводку; *19* — упор для рычага; *20* — маховички точного

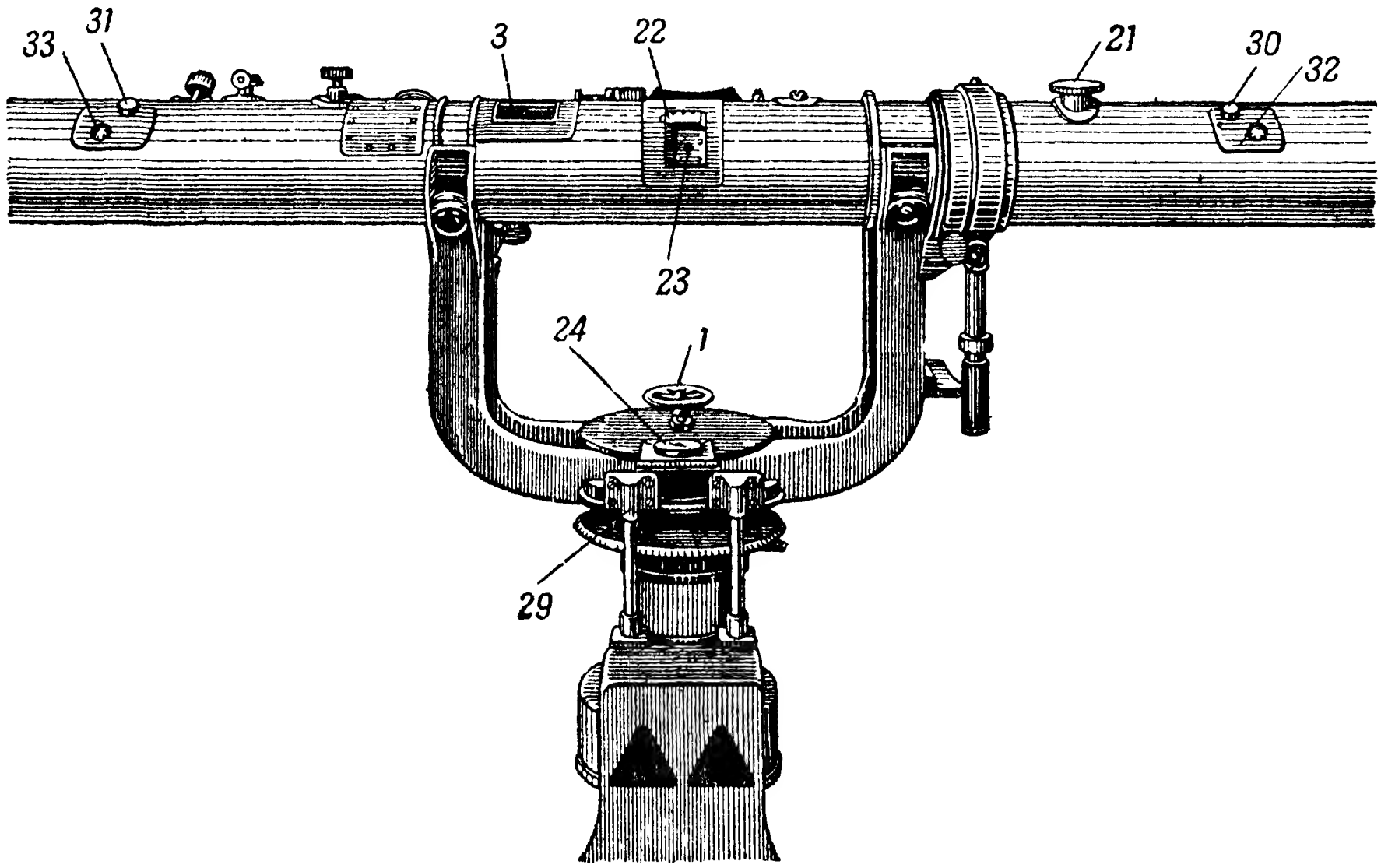


Рис. 81. Пятиметровый дальномер Цейсса (вид со стороны окошек отражателя, средняя часть).

горизонтального наведения; *21* — маховичок для включения знаков выверителя (при внутренней абсолютной выверке дальномера); *22* — электрическая лампочка для освещения внутренней шкалы; *23* — окошко для освещения внутренней шкалы; *24* — компас; *25* — приспособление для выверки на согласование; *26* — выверочная шкала; *27* — электрическая лампочка для освещения наружной шкалы; *28* — уровень; *29* — лимб с делениями для отсчета углов поворота; *30* и *31* — лампочки для освещения выверочных знаков; *32* и *33* — окошки для дневного освещения выверочных знаков.

3. ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА

Соединение внутреннего остова с наружным корпусом. Внутренний остов значительно короче наружного корпуса.

Короткая внутренняя труба представляет гораздо меньшую поверхность, подверженную действию тепла, благодаря чему получается более равномерное распределение его. Но необходимо, чтобы внутренний остов не изгибался не только от разности нагрева его частей, но и чтобы никакие усилия и давления на наружный корпус, от головы или рук наблюдателя, не влияли на него. Это достигается устройством опоры внутреннего остова на наружный корпус, благодаря кото-

рому даже небольшой изгиб или скручивание трубы наружного корпуса не передаются внутреннему остову. Опора эта, служащая в то же время и соединением внутреннего остова с наружным корпусом, устроена так: в двух местах, с левой и правой сторон, к внутреннему остову прикреплено по кольцу. С левой стороны это кольцо соединяется с внутренним остовом посредством двух вертикальных цапф, ввинченных в кольцо

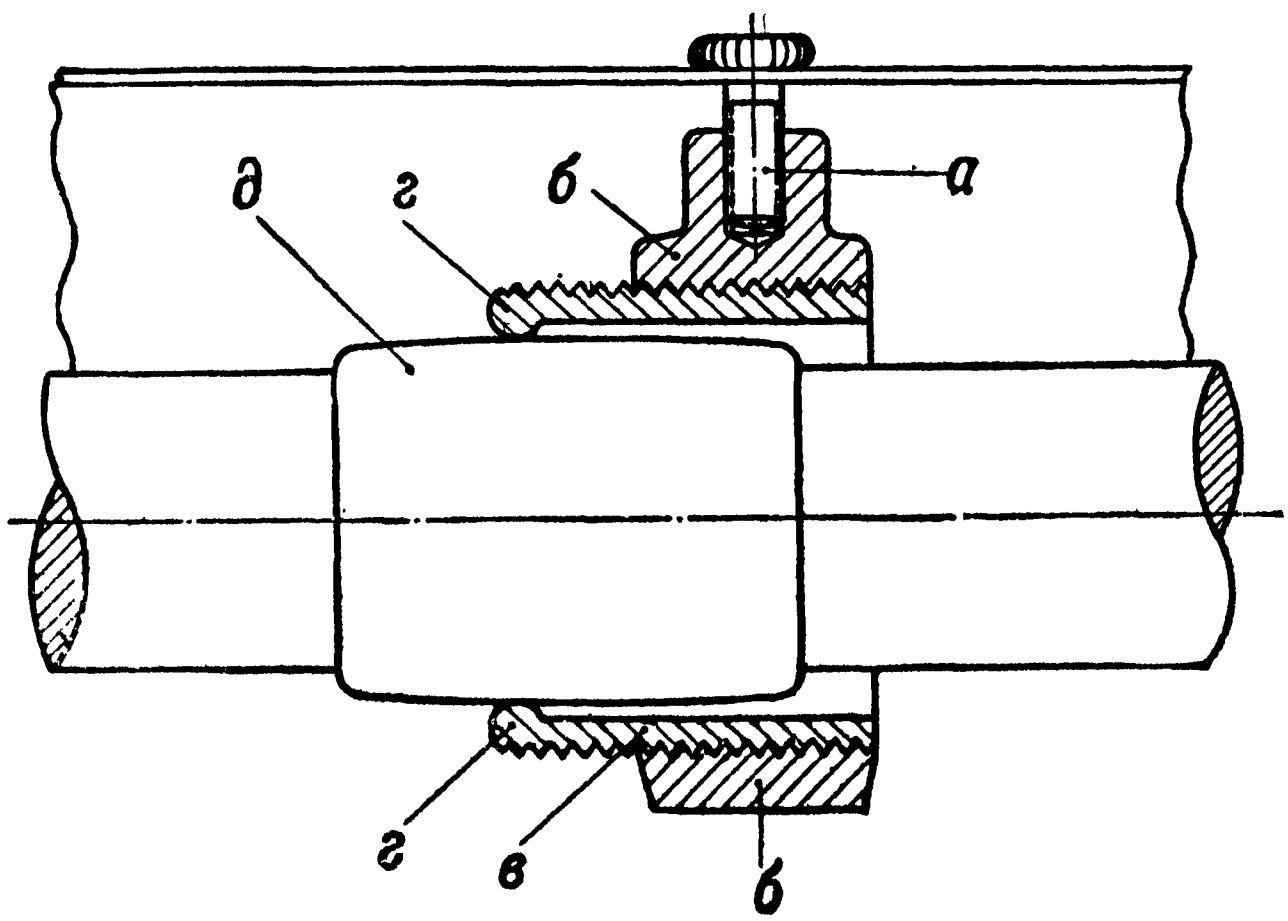


Рис. 82. Механическое приспособление для уничтожения ошибки по высоте.

сверху и снизу и входящих в гнезда внутреннего остова. С наружным корпусом кольцо это соединяется посредством двух горизонтальных цапф, укрепленных в наружном корпусе и входящих в гнездо кольца, т. е. здесь получается карданов подвес. Следовательно, внутренний остов дальномера прикреплен с левой стороны к наружной трубе так, что если бы правый конец остова был свободен, то его можно было бы в некоторых пределах поворачивать вокруг горизонтальной и вертикальной осей, но продольно двигаться и разворачиваться внутри он не может.

С правой стороны соединение наружного корпуса с внутренним остовом только центрующее. В случае нагрева наружного корпуса удлинение его не будет передаваться внутреннему остову, так как корпус и остов скреплены между собой только в одном месте (в левой стороне).

Устройство соединения следующее: через наружный корпус (рис. 82) проходит болт *а*, который может свободно вращаться в наружном корпусе, но поступательного движения не имеет. Ввинчиваясь в гайку *б*, он будет поднимать ее. В гайку ввинчено кольцо *в* со сферическим выступом *г*. Этот выступ *г* упирается в площадку на внутреннем остове, и, следовательно, при вращении болта *а* он будет поднимать весь внутренний остов, который будет качаться около оси карданова подвеса, находящегося в левой части дальномера.

Оптика дальномера. Оптика внутреннего остова состоит из двух отдельных зрительных труб, из которых правая дает нижнюю половину

изображения предмета, а левая — верхнюю. Объективы имеются у каждой трубы, а окуляр — один общий.

Отдельные оптические части и общий ход лучей изображены схематически на черт. 1 приложения, причем различным видом линий показан ход лучей в правой и левой частях дальномера. *A* — сводящая призма (клин), *K* — выверочный клин, *B'B''* — стекла астигматора, *F* — шкала дальномера; *J* — индекс шкалы; *D* — объектив шкалы; *1а* и *1б* — концевые отражатели, *2а* и *2б* — объективы, *3* и *4* — раздельная призма, *5* — обращающие линзы (они же служат для перемены увеличения), *6* и *8* — окулярная призма (на чертеже основного вида показана повернутой влево на 90°); *7* — призма, направляющая лучи от индекса и шкалы в окуляр дальномера, *10*, *9* и *14* — линзы сложного окуляра, *11а* и *11б* — пентапризмы выверителя, *12а* и *12б* — объективы выверительных знаков, *13а* и *13б* — трехгранные призмы выверителя, *15* — ахроматическое дополнение (флинтглас) для сводящего клина, *16* — параллелепипед, наклоненный под углом 45°, чтобы повернуть шкалу на 90° и видеть горизонтальное передвижение шкалы вертикальным, *17* — параллелепипед выверителя, *18а* и *18б* — знаки выверителя, *19а* и *19б* — лампочки выверителя.

Ход лучей дальномера. Лучи от удаленного предмета отражаются под прямым углом концевыми отражателями и идут вдоль базы дальномера; проходят затем через ахроматические объективы *2а* и *2б*, которые оба дают действительное обратное изображение предмета *nm* в одной плоскости, находящейся в толще стекла раздельной призмы (состоящей из двух призм — *3* и *4*).

Назначение раздельной призмы — дать от правой части дальномера нижнюю часть предмета, а от левой — верхнюю; для этого нижняя половина *xy* соприкасающихся граней призм *3* и *4* посеребрена. Таким образом, действительное обратное изображение предмета от левого объектива ляжет в раздельной призме на соприкасающиеся грани призм *3* и *4* так, что фактическая верхняя половина предмета окажется на зеркале, а потому отразится от него, и эти лучи пойдут по направлению к окуляру, а нижняя часть предмета, попав на верхнюю непосеребренную часть соприкасающихся граней призм *3* и *4*, не отразится, и потому ее лучи не пойдут по этому направлению и в окуляр не попадут вовсе. Правый объектив *2б* даст действительное обратное изображение предмета у соприкасающихся граней призм *3* и *4*, причем фактическая верхняя часть предмета упадет на заднюю часть посеребренной грани и пропадет, а лучи от ее нижней половины пройдут в окуляр.

Таким образом, мы получим одно полное изображение *nm* предмета, но только фактически верхняя половина его *mx* будет от левой части дальномера, а нижняя *nx*—от правой.

Назначение оборачивающих линз и окулярной призмы. Линзы *5* служат для оборачивания перевернутого объективом изображения предмета и для перемены увеличения.

Трехгранная призма *6* (одно целое с призмой *8*) служит для поворота на 90° лучей, идущих вдоль базы дальномера в направлении, перпендикулярном базе, т. е. к наблюдателю.

Призма *8* отпускает поднятые разделительной призмой выше оси дальномера лучи до окуляра и дает лучам угол наклона к горизонту в 45°.

Сложный окуляр состоит из глазной ахроматической линзы *10*, вставленной в оправу, которую можно выдвигать по глазу, линзы *9*, приклеенной к призме *8*, и линзы *14*, приклеенной к разделительной призме.

Сводящая призма (клин). Для сведения изображения служит призма *A* с небольшим преломляющим углом (клин), которую можно прямолинейно передвигать вдоль базы дальномера. Так как вместе с призмой *A* будет передвигаться и шкала дистанций, то для выверки на согласование установлен второй клин *K* с таким же преломляющим углом.

Выверочный клин. Клин этот от специального привода может вращаться, а так как клин *A* и шкала дистанций в это время будут стоять на месте, то угол отклонения луча после прохода через обе призмы *A* и *K* будет все время меняться благодаря изменению суммарного преломляющего угла призм *A* и *K*, и следовательно, вращая один клин *K*, можно также совместить изображение предмета.

Таким образом, при выверке на согласование совмещение предмета производится вращением клина *K*; измерительный клин *A* стоит на месте. Производится совмещение посредством ключа, вращающего червяк, сцепленный с винтовым колесом, сделанным на оправе клина *K*. Вместе с клином *K* вращается выверочная шкала против неподвижного индекса. Деления шкалы равномерные и нанесены от 0 до 200.

Шкала дальномера. Для чтения отсчетов внутренней шкалы дистанций пользуются линзами окуляра *9* и *10*. Внутренняя шкала прямолинейно передвигается вместе со сводящей призмой *A* против неподвижного индекса. Одновременно вращается барабан, на котором нанесена наружная шкала. Освещается внутренняя шкала или дневным светом через окошко *23*, или электрической лампочкой *22* (рис. 81).

Разбивка шкалы дальномера следующая:

От	20	до	25	кб.	деления	идут	через	1/8	кб.,	надписи	— через	1/4	кб.
„	25	„	35	„	„	„	„	1/4	„	„	„	1/4	„
„	35	„	45	„	„	„	„	1/2	„	„	„	1/2	„
„	45	„	80	„	„	„	„	1/2	„	„	„	1	„
„	80	„	100	„	„	„	„	1/2	„	„	„	2	„
„	100	„	120	„	„	„	„	1	„	„	„	2	„
„	120	„	130	„	„	„	„	1	„	„	„	5	„
„	130	„	150	„	„	„	„	5	„	„	„	5	„
„	150	„	200	„	„	„	„	10	„	„	„	10	„

Искатель имеет тот же окуляр, который служит и при измерении расстояний, но чтобы пользоваться искателем, необходимо повернуть рычажок *8* (рис. 80) к себе, тогда развернется внутри дальномера планка, на одном конце которой находится трехгранная призма. Призма встанет так, что закроется доступ лучам из разделительной призмы к окуляру, т. е. дальномер в это время действовать не будет, но зато призма эта примет на себя лучи, вошедшие через объектив искателя, находящегося в наружной трубе посредине дальномера, повернет их и направит через окулярную призму в окуляр.

Чтобы изображение было прямое, лучи проходят через оборачивающую линзу и, кроме того, через стекло с параллельными гранями, находящееся в фокальной плоскости объектива, с нанесенным на нем кругом, соответствующим полю зрения дальномера. Таким образом, найдя цель в искателе, нужно, двигая дальномер, привести ее внутрь круга, а затем повернуть рычажок вдоль базы, и тогда цель будет видна в дальномер, так как призма отойдет в сторону и откроет доступ лучам из разделительной призмы в окуляр. Этот же рычажок можно поставить в третье положение от себя, тогда планка развернется так, что против разделительной призмы станет темное стекло; следовательно, в этом случае будет действовать дальномер с введенным темным стеклом; это делается при измерении расстояний до ярко освещенных предметов.

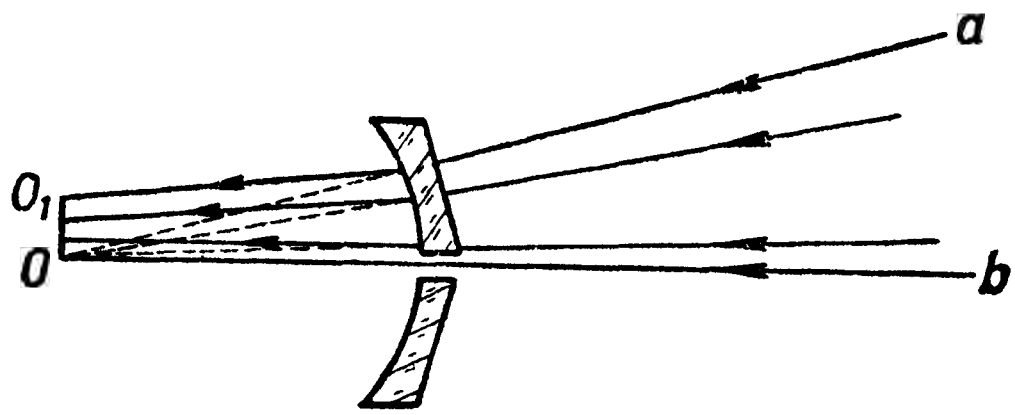


Рис. 83-I. Схема хода лучей в астигматоре.

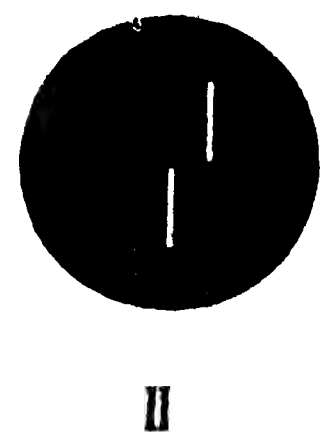


Рис. 83-II. Вид звезды с введенным астигматором.

Перемена увеличения достигается поворотом маховичка с надписью „перемена увеличения“, причем разворачиваются на 180° обе линзы оборачивающей системы *5* на черт. 1 приложения. Для большего увеличения они ставятся ближе к разделительной призме, а для меньшего — дальше.

Астигматор состоит из двух плоско-вогнутых цилиндрических линз B' и B'', прикрепленных к эксцентрикам. Последние установлены на одну планку и могут передвигаться вправо и влево посредством вращения маховичка с надписью „Астигматор“, который соединен с планкой. При передвижении планки влево оба эксцентрика развернутся против движения часовой стрелки, и обе линзы астигматора, находившиеся ниже разделительной призмы, поднимутся и встанут против входных граней разделительной призмы, т. е. на пути лучей от правой и левой частей дальномера.

Схема устройства астигматора (рис. 83-I). Пусть имеем пучок лучей aOb, который при отсутствии преобразователя сошелся в точке O и дал бы там изображение светящейся точки.

Поставим теперь на пути лучей упомянутого пучка астигматор, состоящий из небольших цилиндрических плоско-вогнутых стекол, установленных горизонтально; теперь пучок лучей под действием астигматора сделается растянутым в вертикальном направлении, как это видно из построения хода лучей. Поэтому вместо светящейся точки в качестве изображения получится светлая вертикальная черта OO_1.

От другой части дальномера получится другая (нижняя) половина черты (рис. 83-II), что позволит легко сводить эти две светящиеся

линии в одну и этим определять расстояние до светящейся точки (например, вспышки выстрела, огня отдаленного маяка или звезды).

При отсутствии же преобразователя определение расстояния было бы крайне трудно, так как приходилось бы делить пополам изображение светящейся точки.

4. ВНУТРЕННИЙ АБСОЛЮТНЫЙ ВЫВЕРИТЕЛЬ ЦЕЙССА

Внутренний выверитель, как и всякая выверочная труба, имеет назначение дать в оба окошка дальномера два пучка строго параллельных между собой лучей, которые в дальномере образуют изображение предмета, соответствующее изображению предмета, находящегося на бесконечности. Выверитель состоит (рис. 84) из:

1) двух выверочных пента-призм *11а* и *11б*, которые могут быть выдвинуты против входных граней пента-призмы дальномера *1а* и *1б* и, кроме того, могут быть разворачиваемы на 90° вокруг вертикальной оси;

2) двух линз *12а* и *12б* (объективы выверителя), в фокусе которых помещены два выверочных знака;

3) двух треугольных призм *13а* и *13б*, служащих для понижения лучей и направления их к входным граням пента-призм выверителя (лампочки и выверочные знаки находятся в плоскости, лежащей выше пента-призм *11а* и *11б*) и

4) параллелепипеда, разворачивающегося на 180° при повороте пента-призм выверителя на 90°, служащего для понижения пучка лучей, идущего при выверке слева от левой лампочки к правому концу дальномера, и при выверке справа — от правой лампочки к левому концу дальномера; такое устройство явилось необходимым, так как пента-призмы выверителя в этом дальномере расположены на одной высоте. Хотя при выверке дальномера горят обе лампочки, но свет попадает в дальномер в оба конца одновременно только от одной, так как пента-призмы выверителя расположены всегда одинаково, т. е. входными гранями в одну сторону.

При выверке справа свет от правой лампочки освещает выверочный знак и расходящимся пучком падает на объектив *12б*; пройдя его, падает уже параллельным пучком на треугольную призму *13б*, которая понизит весь пучок и повернет его на 180° к входящей грани призмы *11б*; последняя повернет его на 90° и пошлет в правую пента-призму дальномера *1б*; но весь пучок параллельных лучей больше высоты пента-призмы *11б*, поэтому в нее попадет только нижняя половина пучка, а верхняя пойдет выше ее и упадет на параллелепипед, который понизит ее до уровня 2-й пента-призмы выверителя *12а*, обращенной своей входящей гранью тоже вправо; этот пучок лучей, будучи повернут пента-призмой *11а* на 90°, войдет в левую пента-призму дальномера *1а*, и таким образом от одной лампочки на оба концевые отражателя дальномера одновременно упадут пучки параллельных лучей.

Для выверки слева обе пента-призмы выверителя поворачиваются на 90° и обращаются своими входящими гранями влево; параллелепипед *17* поворачивается на 180°, чтобы понизить пучок лучей слева; весь ход лучей аналогичен только что описанному.

Производство выверки при двух положениях пента-призм выверителя было введено Цейссом вследствие того, что величина угла отклонения луча пента-призмой с изменением температуры может изменяться, и тогда может быть, что одна пента-призма выверителя повернет пучок параллельных между собой лучей на 90° и пошлет их в одно окно дальномера, в то время как другая, более нагретая пента-призма тем же пучком параллельных лучей повернет лучи уже не на 90° и пошлет их в другое окно дальномера. Получится, что в каждое окно дальномера войдут параллельные между собой лучи, но пучок лучей, вошедший в правое окно, не будет параллелен пучку лучей, вошедшему в левое окно.

Если теперь развернем обе пента-призмы выверителя на 90°, то входящие грани их станут выходящими; та пента-призма, которая повернула лучи на 90°, опять повернет их на 90°, а та, которая повернула их на угол, например, больше 90° при первом положении пента-призм, при втором положении повернет на угол на такую же величину меньше 90°. Средний отсчет при двух различных положениях пента-призм будет всегда верен, почему такая выверка и называется „абсолютной“.

Передвижение пента-призм производится помощью вращения маховичка *21* (рис. 81), на котором нанесены три цифры: 0, 1 и 2. Назначение этих цифр следующее.

0 соответствует рабочему положению дальномера, когда выверочные пента-призмы убраны в сторону и дальномером можно измерять расстояние (рис. 84, *I*);

1 — выверочное положение дальномера, при котором обе пента-призмы выверителя станут против входных граней пента-призм дальномера, причем входящие грани пента-призм выверителя будут направлены вправо, т. е. при цифре 1 производится выверка справа (рис. 84, *II*);

2 — выверочное положение дальномера, когда обе пента-призмы выверителя, оставаясь на месте, развернутся на 90° так, чтобы другая грань прямого угла пента-призм выверителя была входящей и была направлена влево, т. е. при положении 2 производится выверка слева (рис. 84, *III*).

Вращать маховичок *21* для производства абсолютной выверки надо по часовой стрелке с цифры 0 обязательно раньше на цифру 1, а потом уже на 2, так как если мы раньше остановимся на цифре 2, то пента-призмы выверителя не дойдут до места, и выверочного знака (черта на светлом фоне) не будет видно. При повороте же маховичка обратно, с цифры 1 на 2, пента-призмы выверителя развернутся на месте, а при дальнейшем его вращении в ту же сторону с цифры 2 на 0 они отодвинутся в сторону от пента-призм дальномера.

При выдвигании пента-призм движутся металлические ширмы, закрывающие изнутри отверстия окошек дальномера при выверке; благодаря этому при выверке свет попадет в окуляр только через окошки выверителя *32* и *33* или от лампочек *30* и *31* (рис. 81), и знаки выверителя (вертикальная черта) становятся ясно видимыми.

5. ВЫВЕРКА ДАЛЬНОМЕРА

Выверка на половинение производится в дальномере Цейсса механическим путем; левый конец внутренней трубы укреплен к наружному

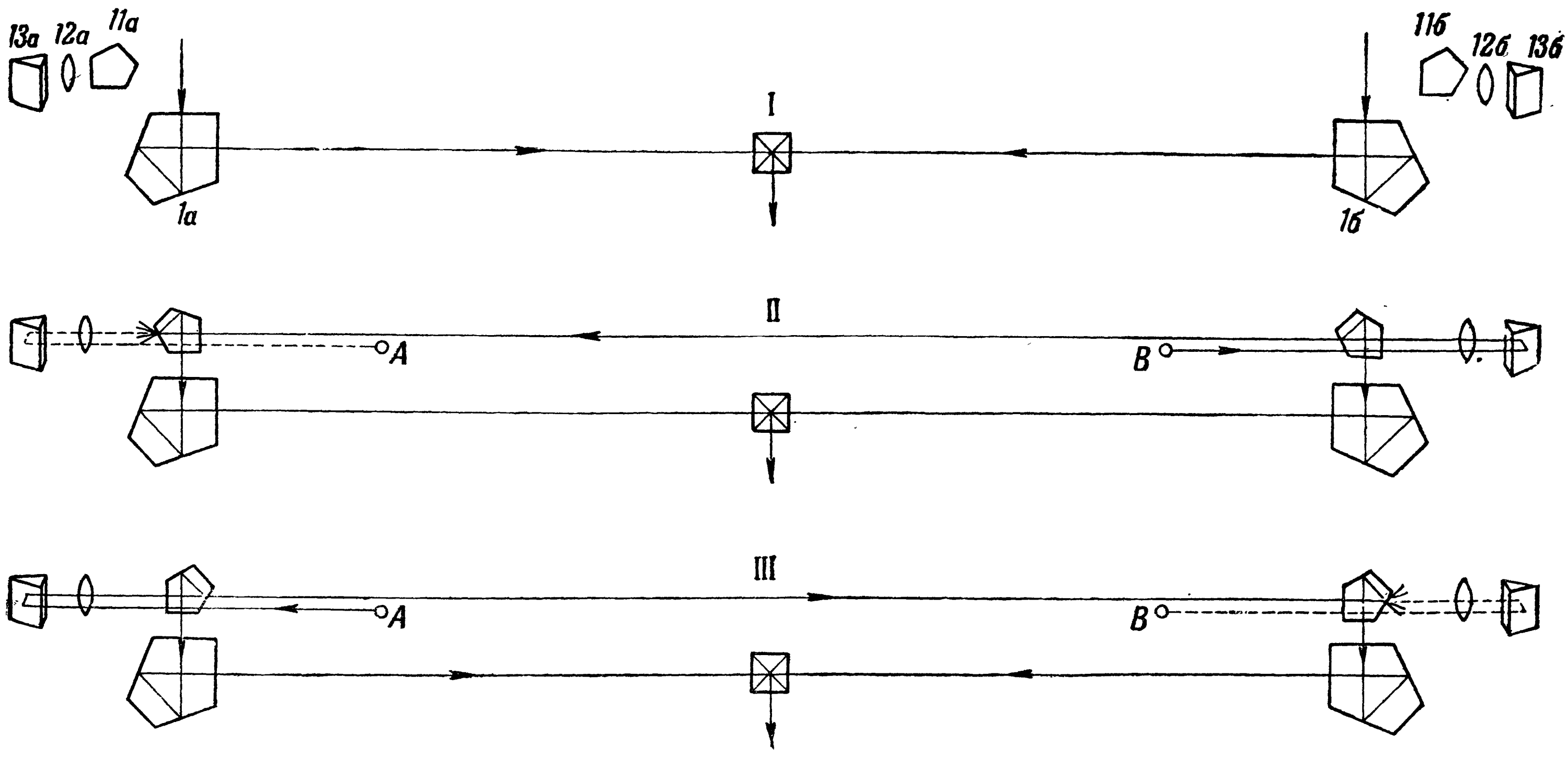


Рис. 84. Схема внутренней абсолютной выверки Цейсса.

кожуху кардановым подвесом, а правый своим опорным кольцом лежит в подвесной обойме, которая может передвигаться вверх или вниз, скользя своими выступами в пазах втулок (рис. 82).

Вертикальное передвижение обоймы производится вращением винта, ввинчивающегося в нее.

Метод уничтожения ошибки на половинение такой же, какой был подробно описан в § 36 „Погрешности дальномеров".

Выверка на согласование у этого дальномера может быть произведена либо по земному предмету, расстояние до которого точно известно, либо по небесным светилам, либо, наконец, абсолютной выверкой при помощи внутреннего выверителя.

По земному предмету и по небесным светилам выверку на согласование у пятиметрового дальномера Цейсса нужно производить в таком порядке.

1. Измерительным валиком точно совместить обе половины изображения предмета в одно целое.

2. Если измеренное расстояние не соответствует истинному, то измерительным валиком подвести под индекс отсчет истинного расстояния (при выверке по небесным светилам, очевидно, нужно подвести под индекс).

3. Вставив специальный ключ в отверстие выверочного приспособления, вращать его, пока обе половины изображения не будут вновь совмещены (от вращения ключа будет вращаться выверочная призма *K*; сводящая призма и дистанционная шкала будут стоять на месте).

Примечание. При выверке по небесным светилам и по земным предметам рекомендуется несколько раз совмещать изображения, замечая каждый раз отсчеты на выверочной шкале. Затем, взяв средний из них, поставить его на выверочной шкале; так будут уменьшены случайные ошибки наблюдателя при совмещении.

Абсолютная выверка внутренним выверителем производится следующим образом.

1. Маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 0 на цифру 1.

2. Измерительным валиком подвести отсчет ∞ под индекс.

3. Вращая специальным ключом выверочное приспособление, совместить линию и заметить отсчет на выверочной шкале.

4. Маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 1 на цифру 2.

5. Вращая ключом выверочное приспособление, совместить вновь линию и заметить отсчет на выверочной шкале.

6. Взять среднее из двух отсчетов и поставить его ключом на выверочной шкале.

7. Маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 2 на цифру 0.

ОТДЕЛ II

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЕ ДАЛЬНОМЕРЫ

§ 38. ИДЕЯ УСТРОЙСТВА СТЕРЕОДАЛЬНОМЕРОВ

Стереоскопические дальномеры являются бинокулярными приборами. Для измерения расстояний здесь использованы стереоскопические свойства человеческих глаз видеть глубину пространства.

В теоретической части курса было указано, что на сетчатках правого и левого глаз изображения одного и того же предмета получаются неодинаковые, причем, чем предмет будет ближе, тем изображение его в одном глазу будет сильнее отличаться от изображения в другом; с увеличением же расстояний до предметов несоответствие изображений будет все менее и менее заметно (рис. 49).

Оба эти изображения, наложившись в мозгу одно на другое, сольются в одно пространственное целое. Неодинаковость этих обоих изображений, наложившихся в мозгу одно на другое, и дает нам ясное представление как о расположении частей предмета, так и о расположении предметов на местности; поэтому, смотря двумя глазами, человек будет видеть предметы и местность рельефными (§ 25).

Таким образом, зрение двумя глазами дает возможность воспринимать глубину пространства, т. е. ощущать разницу в расстояниях до окружающих предметов.

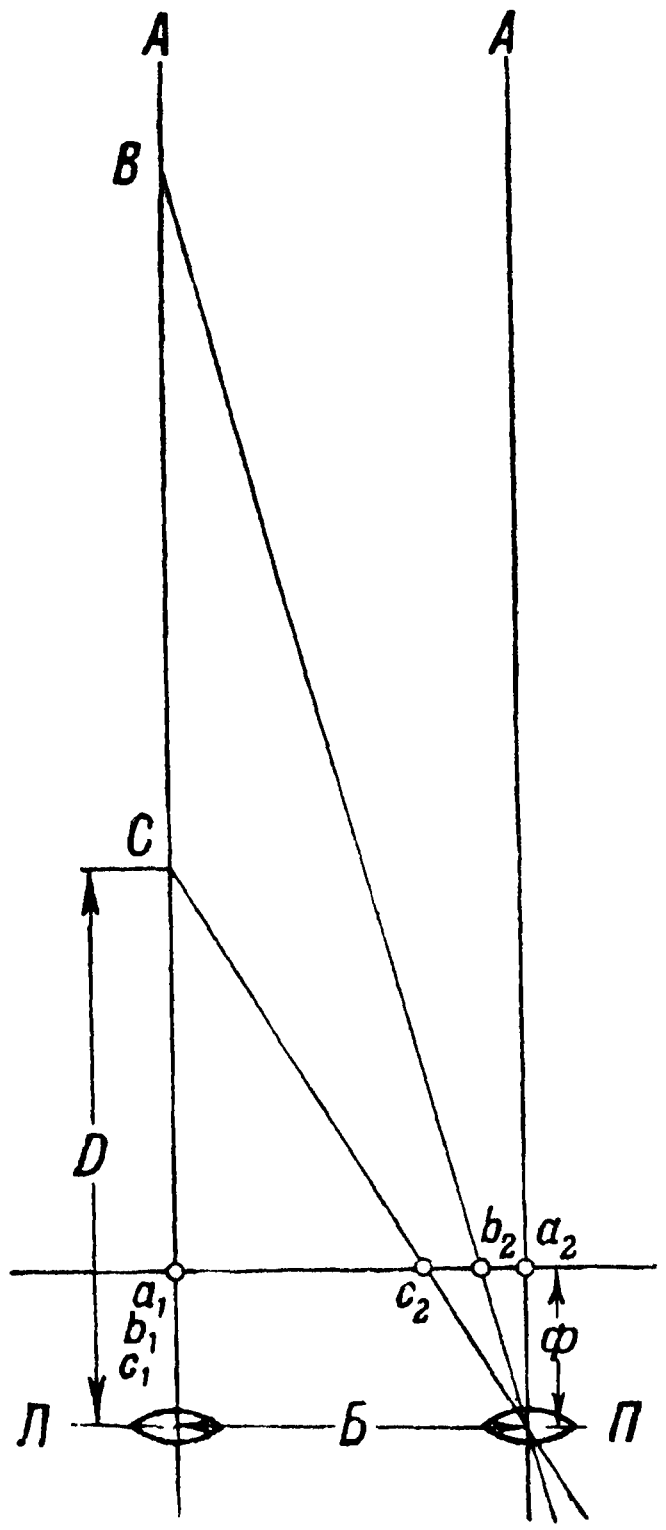


Рис. 85. Изображение различного удаления точек местности на пластинках перед стереоскопом.

Если *Л* и *П* будут левая и правая линзы стереоскопа (или глаза, так как они расположены сразу за линзами), то бесконечно удаленная точка *A* пространства спроектируется на левой и правой пластинках перед стереоскопом в точках a_1 и a_2 (рис. 85), причем расстояние между этими точками будет равно расстоянию между центрами линз. Более близкая точка *B* (предположим для простоты на линии зрения левого глаза) проектируется в точках b_1 и b_2, причем расстояние между ними будет меньше и точка b_2 будет отстоять от точки a_2 влево. Еще более близкая точка пространства *C* спроектируется в точках c_1 и c_2, и точка c_2 от точки a_2 будет еще больше влево. Следовательно, чем точка пространства будет ближе к нам, тем две ее проекции (в плоскости, где мы ставим пластинки перед стереоскопом) будут ближе друг к другу.

Таким образом, чтобы предмет *A* в результате рассматривания двух его проекций a_1 и a_2 казался в бесконечности, необходимо проекции

его a_1 и a_2 поместить на расстоянии друг от друга, равном расстоянию между центрами линз (обыкновенно 65 *мм*). Чтобы предмет B казался на своем удалении, нужно проекции его b_1 и b_2 поместить на пластинке в соответствующем расстоянии друг от друга (меньшем, чем a_1 a_2) и т. д. Наоборот, в зависимости от расстояния между двумя точками на пластинках будет восприниматься и дистанция.

Чтобы составить такие стереоскопические таблицы, возьмем две одинаковые пластинки (рис. 86), проведем через середину каждой мысленную вертикальную черту и нанесем на ней точки a_1 и a_2; когда эти пластинки поставим перед стереоскопом, то увидим на наложившихся друг на друга пластинках слившуюся точку a, и так как эта точка нанесена на обеих пластинках точно на одинаковых местах, то это будет соответствовать тому, что мы получаем на сетчатке глаза, когда смотрим на весьма отдаленные предметы, и поэтому точка a в стереоскопе будет видна весьма далекой.

Точка b_2 на правой пластинке нанесена немного в сторону (влево) относительно положения точки b_1 на левой пластинке; поэтому в стерео-

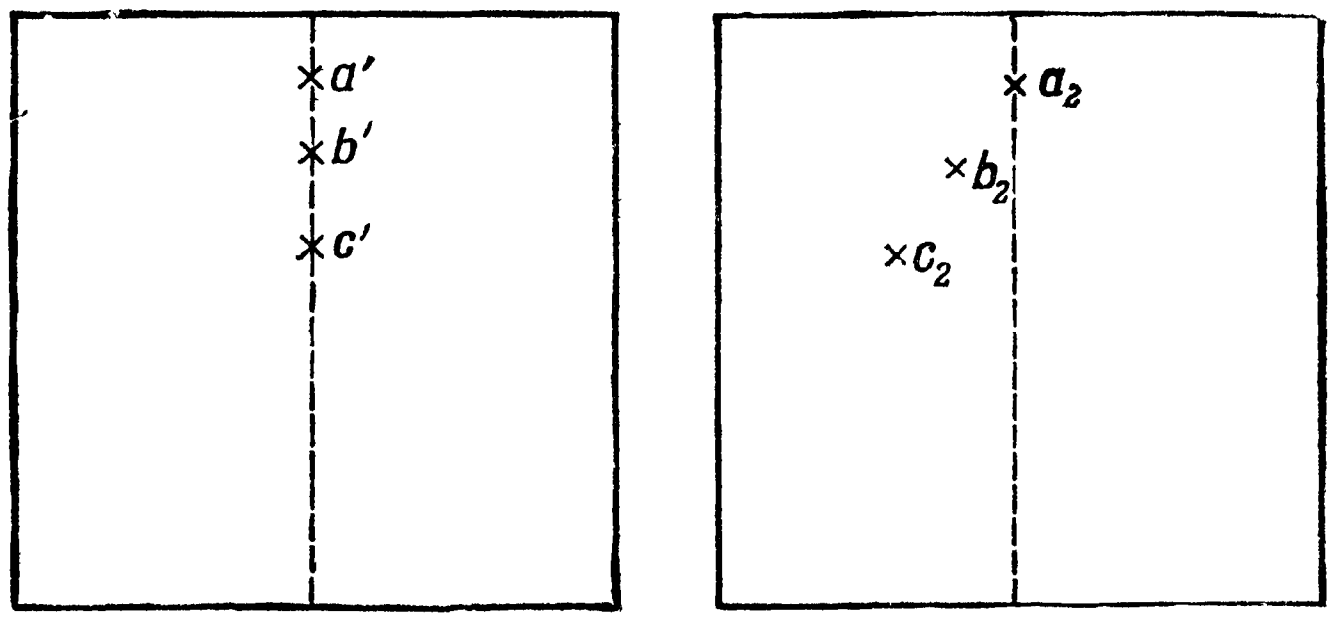


Рис. 86. Нанесение точек на стереоскопическую таблицу.

скопе точка b будет видна ближе точки a, так как это соответствует более близкому предмету, когда положения изображений на сетчатках глаз уже начинают различаться (см. рис. 49).

Точка c_2 нанесена еще больше в сторону на правой пластинке относительно левой, поэтому она будет казаться в стереоскопе еще более близкой и т. д.

Величина a_2b_2 или a_2c_2 и т. п. называется линейным параллаксом. Ясно, что каждому линейному параллаксу будет соответствовать своя дистанция.

Из подобия треугольников $Пa_2c_2$ и Ca_1c_2 (рис. 85) можно вывести, чему равняется линейный параллакс для каждой дистанции.

Обозначим:

дистанцию	через	D;
линейный параллакс	„	p;
фокусное расстояние объектива	„	$Ф$;
расстояние между объективами (база)	„	$Б$.

$$\frac{p}{Ф} = \frac{Б - p}{D - Ф}; \; p(D - Ф) = Ф(Б - p);$$

$$pD - pФ = БФ - pФ; \; pD = БФ; \; p = \frac{БФ}{D}.$$

Возьмем теперь два объектива *Л* и *П* (рис. 87) и установим их внутри трубы на одинаковых местах от концов трубы. На концах трубы поместим концевые отражатели (пента-призмы или пентогональные зеркала), которые повернут лучи точно на 90° и пошлют их на объективы. В фокальных плоскостях $Ф_Л$ и $Ф_П$ каждого объектива, перед окулярами, установим стеклянные пластинки с нанесенными на них специальными метками (ромбики).

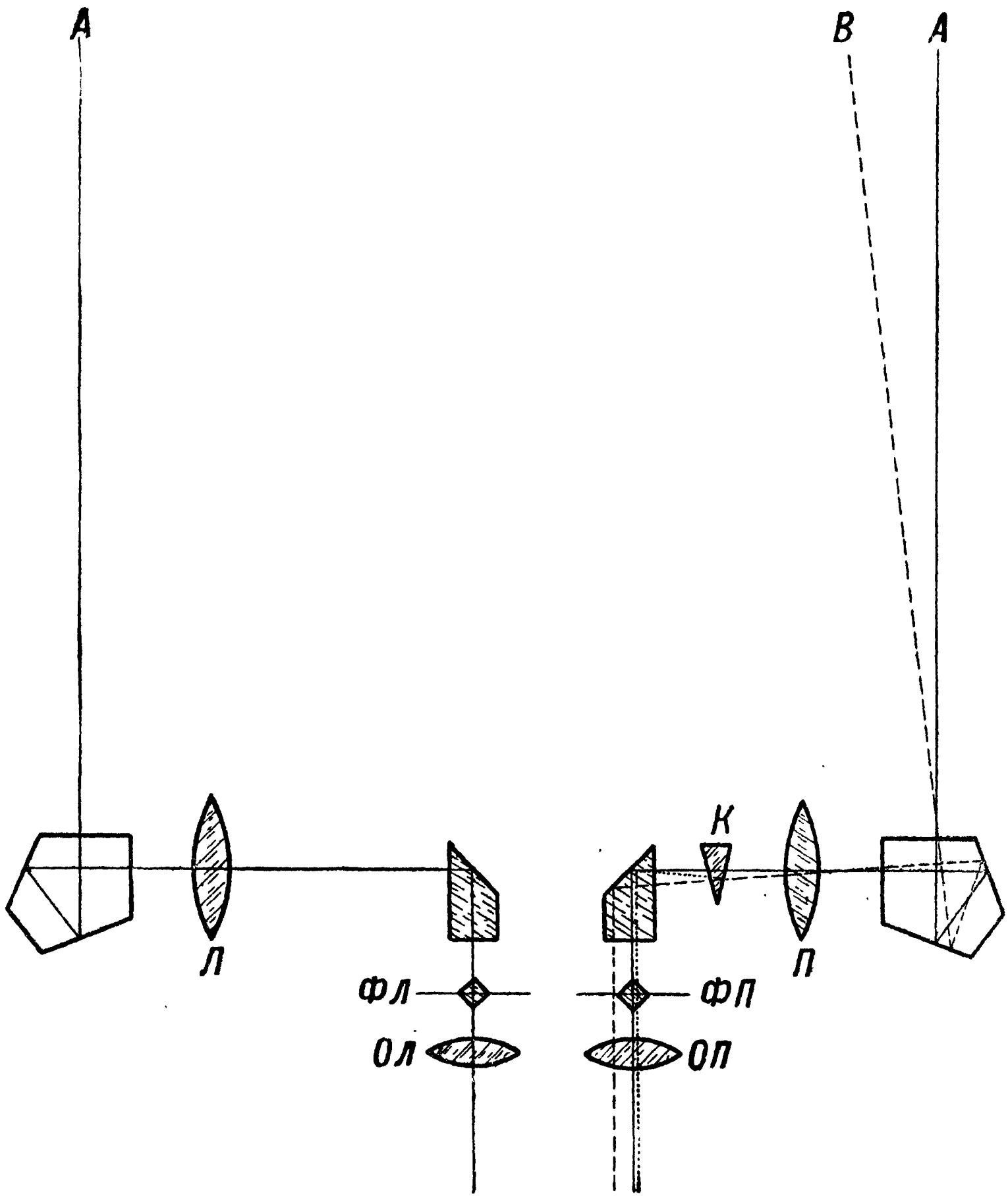


Рис. 87. Получение различного удаления точек местности в стереодальномере.

Если будем смотреть в такой прибор на бесконечно удаленный предмет *А*, то лучи упадут на правый и левый концевые отражатели перпендикулярно базе и, будучи повернуты ими на 90°, пойдут вдоль базы, а центральные призмы повернут лучи на 90° к наблюдателю (ход лучей на рисунке показан сплошной линией). Если приблизить предмет и повернуть трубу так, чтобы лучи упали на левый концевой отражатель

перпендикулярно базе, тогда в левой части прибора лучи пойдут так же, как и раньше. На правый конец прибора лучи теперь упадут под углом меньше 90°; пента-призма повернет их на 90°; центральная призма — тоже на 90° (ход лучей на рисунке показан пунктиром), но лучи пойдут к наблюдателю левее того положения, которое они имели при бесконечно удаленном предмете.

Чем ближе придвигать предмет, тем лучи от центральной призмы будут итти все левее. Рассматривая последовательно в оба окуляра каждую пару изображений, которые дадут объективы от предметов на различном удалении, мы будем каждый раз видеть одно изображение, так как они, наложившись в нашем мозгу одно на другое, сольются в одно изображение, видимое ближе или дальше, в зависимости от того, левее или правее ляжет изображение в правой фокальной плоскости, причем, как было выведено, величина этого передвижения в сторону зависит от величины дистанции. Таким образом, линейное перемещение изображения в сторону может служить мерой измерения расстояния до предмета.

В фокальных плоскостях, где объективы строят свои изображения, установлены две пластинки с так называемой измерительной меткой — ромбик с вспомогательными штрихами (усы), — которые нанесены так, что, глядя в окуляры обоими глазами, будем видеть эти штрихи не плоскими, а в перспективе, т. е. передние штрихи будут приближающимися от ромбика к нам, а задние — удаляющимися от него вдаль (рис. 88). Наблюдатель, смотрящий в оба окуляра, будет видеть местность и измерительную метку стереоскопически, вследствие чего сможет без труда оценить удаление метки от различных предметов местности.

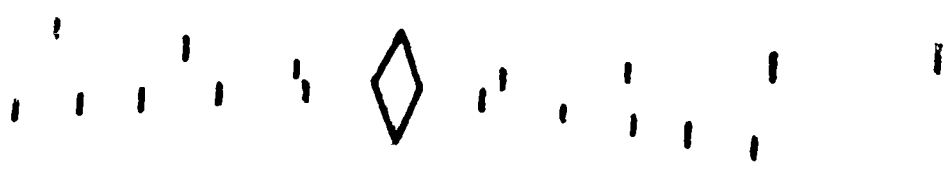


Рис. 88. Измерительная метка стереодальномера.

В одной из частей дальномера (на рис. 87 — в правой части) установлен клин *K*, могущий передвигаться вдоль оси дальномера. От передвижения клина изображение в правой фокальной плоскости будет передвигаться вправо и влево, и можно найти такое положение клина, при котором лучи направятся так же, как и от бесконечно удаленного предмета (ход лучей от клина показан на рис. 87 точечным пунктиром). А так как оба ромбика установлены на одинаковых местах, что соответствует бесконечности, то в этот момент предмет и ромбик будут казаться на одном удалении от нас. Следовательно, для измерения расстояния надо, передвигая клин, найти ему такое положение, при котором ромбик измерительной метки будет нам казаться в одном удалении с интересующей нас точкой местности. Фактически при передвижении клина в дальномере правое изображение будет передвигаться в сторону (вправо и влево) до тех пор, пока не станет на то же место относительно правого ромбика, на котором стоит левое (неподвижное) изображение относительно левого ромбика. Смотря двумя глазами в прибор, будем видеть одно слившееся изображение от изображений, наложившихся в нашем мозгу одно на другое, которое будет нам казаться на одном

удалении с ромбиками (тоже наложившимся в нашем мозгу один на другой).

В этом и заключается идея измерения расстояний стереоскопическими дальномерами.

§ 39. ПОГРЕШНОСТИ СТЕРЕОДАЛЬНОМЕРОВ

Механическая и оптическая конструкции дальномера устроены таким образом, что обычные сотрясения, удары и изменения температуры почти не влияют на точность измерений; другими словами, дальномер является вполне надежным корабельным прибором. Однако продолжительная тряска, перевозка, сильные толчки, в особенности резкие колебания температуры вызывают расстройство дальномера, следствием чего является неправильное измерение дистанции; следовательно, время от времени дальномер необходимо выверять. Перед началом измерений каждый наблюдатель должен выверить дальномер для себя, не полагаясь на выверку предшествующего наблюдателя, ибо ввиду субъективных особенностей глаза выверка различных наблюдателей будет различна.

Стереодальномеры подвержены расстройству:

1) по высоте;
2) по расстоянию (ошибка на согласование);
3) параллактическая ошибка.

1. ОШИБКА ПО ВЫСОТЕ

В дальномере ошибка по высоте существует тогда, когда соответственные точки обоих изображений цели занимают различное по высоте положение в поле зрения или по отношению к измерительной метке (рис. 89). Происходит она из-за смещения стекол в вертикальной плоскости.

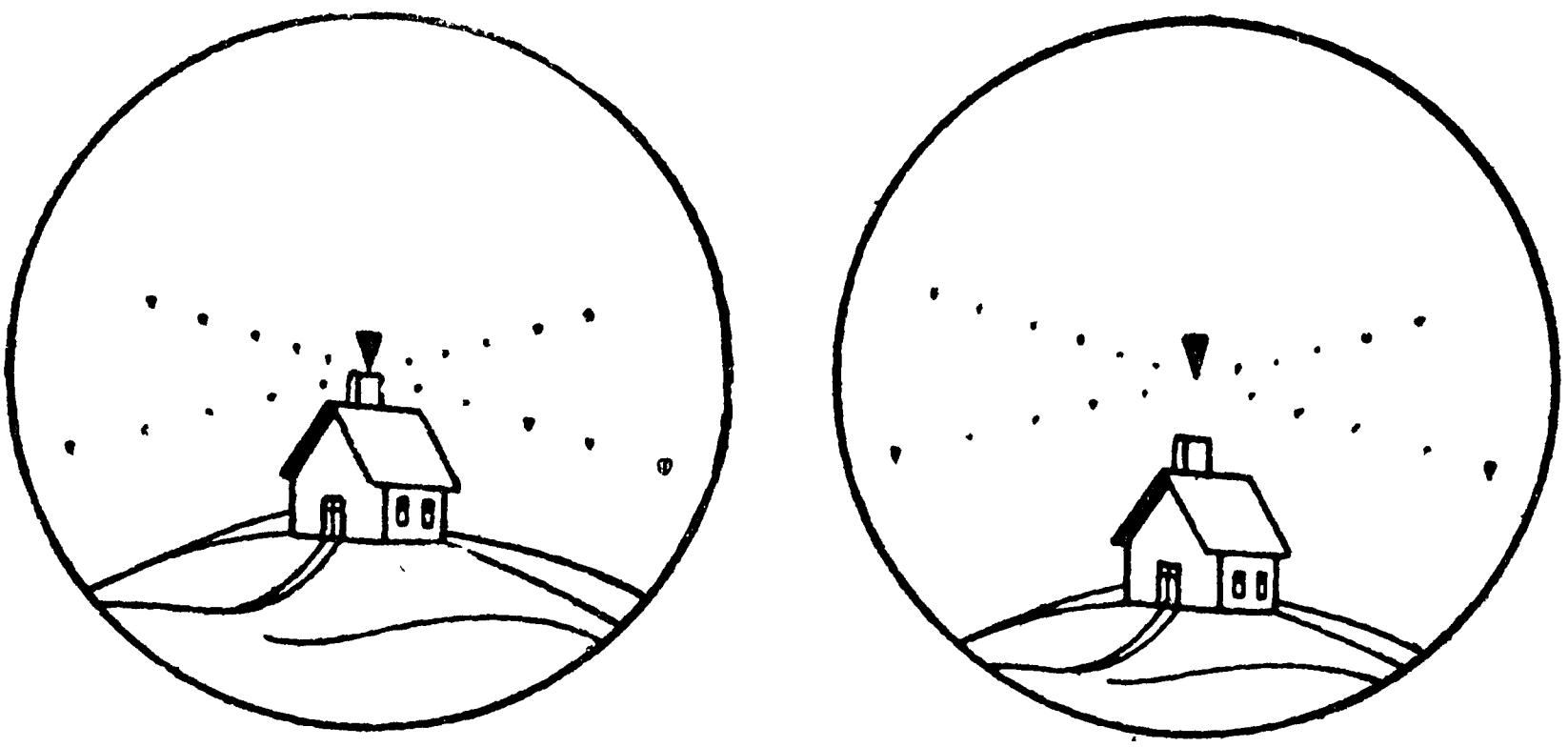


Рис. 89. Ошибка по высоте у стереодальномера.

Хотя ошибка по высоте и не влияет непосредственно на ошибку в определении расстояния, но во всяком случае она затрудняет стереоскопическое зрение настолько, что полученные при этом результаты измерений могут быть очень неточны. При большой ошибке в высоте

наблюдатель теряет возможность стереоскопически видеть, так как изображение цели и измерительная метка двоятся, вследствие чего измерение расстояния делается невозможным.

Для обнаружения ошибки по высоте наводят дальномер на предмет с горизонтальными контурами. Если смотреть теперь по очереди в правый и в левый окуляры, то можно установить, занимает ли измерительная метка дальномера в обоих случаях одинаковое положение по высоте относительно горизонтальной линии. В случае, если этого нет, то необходимо уничтожение ошибки по высоте. Уничтожается она вращением специального маховичка (предварительно необходимо откинуть предохранительный колпачок) до тех пор, пока измерительные метки в обоих окулярах не будут занимать по высоте одинаковые положения относительно горизонтальной линии. После этого надо закрыть маховичок предохранительным колпачком.

2. ОШИБКА НА СОГЛАСОВАНИЕ (ОШИБКИ ПО ДАЛЬНОСТИ)

Так же как и у дальномеров типа „совмещение", ошибка эта происходит из-за горизонтального смещения стекол в направлении к себе или от себя.

Обнаруживается она также при измерении расстояний до предметов, истинное расстояние до которых точно известно. Ошибка состоит в том, что показание дальномера, когда ромб измерительной метки находится точно в одном удалении с предметом, не соответствует истинной дистанции.

Способы выверки на согласование

Выверку на согласование можно производить следующими способами

1) при помощи внутреннего или внешнего выверителя;

2) по небесным светилам (солнце, луна, звезды);

3) по земному предмету при точно известном до него расстоянии.

Предмет, по которому желают произвести выверку, должен удовлетворять следующим условиям:

а) предмет должен быть отчетливо виден и хорошо освещен и, кроме того, находиться лучше всего на фоне неба или в крайнем случае на фоне моря и ни в коем случае не на фоне берега, так как в последнем случае поставить ромб на одно удаление с предметом затруднительно;

б) расстояние до предмета надо лучше всего выбирать побольше, ибо тогда случайная ошибка дальномерщика окажет меньшее влияние.

Выбор способа выверки на согласование

а) Абсолютная выверка по внутреннему выверителю является, так же как и в дальномерах типа „совмещение", боевым способом, так как им можно производить выверку дальномера в море на ходу, в тумане и вообще всегда, когда нет специальных предметов, по которым можно производить выверку.

Этот способ приобретает особенное значение именно для стереодальномеров, так как здесь необходимо каждому дальномерщику производить перед началом своей работы выверку для себя. При смене дальномер-

щиков в бою и вообще в походе этот способ будет единственным способом, которым можно будет произвести выверку на согласование.

б) Выверка по небесным светилам. Из небесных светил самая лучшая для выверки — это звезда, так как звезда по своему малому размеру занимает очень небольшую часть поля зрения дальномера, а потому стереоскопичность измерительной марки видна очень рельефно; кроме того, яркость звезды очень подходит к яркости освещенной измерительной метки (сила света лампочки накаливания регулируется реостатом, чтобы яркость ее не была больше яркости звезды). Выверка по звезде, как и вообще все выверки по небесным светилам, хороша еще тем, что под индексом должно быть определенное деление шкалы ∞.

в) Выверка по земному предмету имеет тот главный недостаток, что она в боевых условиях плавания не выполнима и, кроме того, необходимо знать „истинное расстояние" до предмета, которое может быть не всегда достаточно точно известно.

Для береговых дальномеров, где расстояние до постоянных точек может быть точно известно, эта выверка может быть применена.

3. ПАРАЛЛАКТИЧЕСКАЯ ОШИБКА

Параллактическая ошибка происходит из-за смещения стекол вдоль оси дальномера.

Обнаруживается, когда при установке окуляров по глазу один из окуляров окажется гораздо более выдвинут, чем другой, причем диоптрийная установка его не будет соответствовать той, которую обыкновенно имеет дальномерщик.

Если погрешность эта не особенно велика, то она не имеет значения для точности измерения расстояний, но если разность высот окуляров уже будет неудобна для наблюдателя, то дальномер надо отправлять на завод, так как для исправления ее требуется разборка дальномера.

§ 40. ТРЕХМЕТРОВЫЙ СТЕРЕОДАЛЬНОМЕР ЦЕЙССА

1. ГЛАВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ, ОПТИЧЕСКИЕ И ВЕСОВЫЕ ДАННЫЕ ДАЛЬНОМЕРА

Конструктивные данные:

Длина базы дальномера	3 *м*
Полная длина дальномера	3 370 *мм*
Диаметр подшипников	216 „
Шкала дистанций	от 8,2 до 250 кб.
Выверка	внутренняя абсолютная
Ось окуляров направлена вниз	под углом 60°

Оптические данные:

Дальномер

Увеличение	14 и 28
Диаметр выходного зрачка (глазного кружка)	4,2 и 2,1 *мм*
Светосила	17,64 и 4,41
Истинное поле зрения дальномера	2°30′ и 1°30′

Искатель

Увеличение	7
Диаметр выходного зрачка	7,1 *мм*
Светосила	50,4
Истинное поле зрения	7°18′

Весовые данные

Вес дальномера	200 *кг*
Вес ящика	150 „
Вес тумбы с сиденьем	320 „

2. НАРУЖНОЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА

Дальномер (рис. 90 и 91) состоит из наружного корпуса, средней трубы и внутреннего остова и имеет внутреннюю абсолютную выверку.

А. Дальномер (рис. 90, 91, 92, 93 и 94)

1 — наружная труба дальномера; *2а* и *2б* — концевые головки; *3а* и *3b* — концевые окна; *4а* и *4b* — цапфенные кольца; *5а* и *5b* — окуляры; *6* — рычажок для перемены увеличения; *7* — рычажок для установки расстояния между глазами; *8* — шкала в миллиметрах для установки расстояния между глазами; *9* — рычажок для включения цветных стекол; *10* — специальный резиновый наглазник; *11* — целик с мушкой для грубой наводки; *12а* и *12b* — площадки для установки держателя бинокулярной трубы; *13* — измерительный маховичок; *14* — шкала расстояний; *15* — выверочная шкала; *16* — шкала корректора стрельбы; *17* — индекс для отсчета расстояний; *18* — индекс выверочной шкалы *15*; *19* — индекс корректора *16*; *20* — маховичок для передвижения при выверке шкалы расстояний *14* против ее индекса *17*; *21* — маховичок с нанесенным на нем индексом *19* (для корректирования дальномера стрельбой); *22* — маховичок для включения и выключения знаков выверителя (внутренняя абсолютная выверка); *23* — маховичок выверки по высоте (под предохранительным колпачком); *24* — штепсель; *25* — переключатель, *26* — реостат, *27* — лампочка для освещения шкалы расстояний *14*, выверочной шкалы *15* и шкалы корректора *16*; *28* — лампочка для освещения измерительной марки; *29а* и *29b* — лампочка для освещения знаков выверителя (выверочной линии); *30а* и *30b* — головка с насечкой для перемещения выверочной линии вправо и влево; *31а* и *31b* — запорное отверстие прибора для продувания дальномера сухим воздухом.

Б. Тумба дальномера с подвижным сиденьем

33а и *33b* — откидные наметки подшипников; *34а* и *34b* — выдвижной болт для закрепления наметок; *35* — подъемный механизм; *36* — маховик подъемного механизма; *37* — маховик поворотного механизма; *38* — стопор поворотного механизма; *39* — подвижной горизонтальный лимб для отсчета углов поворота; *40* — лупа для отсчета на лимбе *39*; *41* — патрон лампочки для освещения лимба *39*; *42* — механизм для поворота лимба *39*; *43* — стопор поворота лимба *39*; *44* — поворотный вертлюг тумбы; *45* — подвижной держатель сиденья, *46* — сиденье (седло); *47а* и *47b* — уравновешивающие пружины; *48* — маховик для дачи напряжения пружинам соответственно весу дальномерщика; *49* — штанга, *50* — ящик для двух аккумуляторов; *51* — основание тумбы; *52* — фундамент тумбы, которым дальномер крепится к палубе; *53* — высотомер.

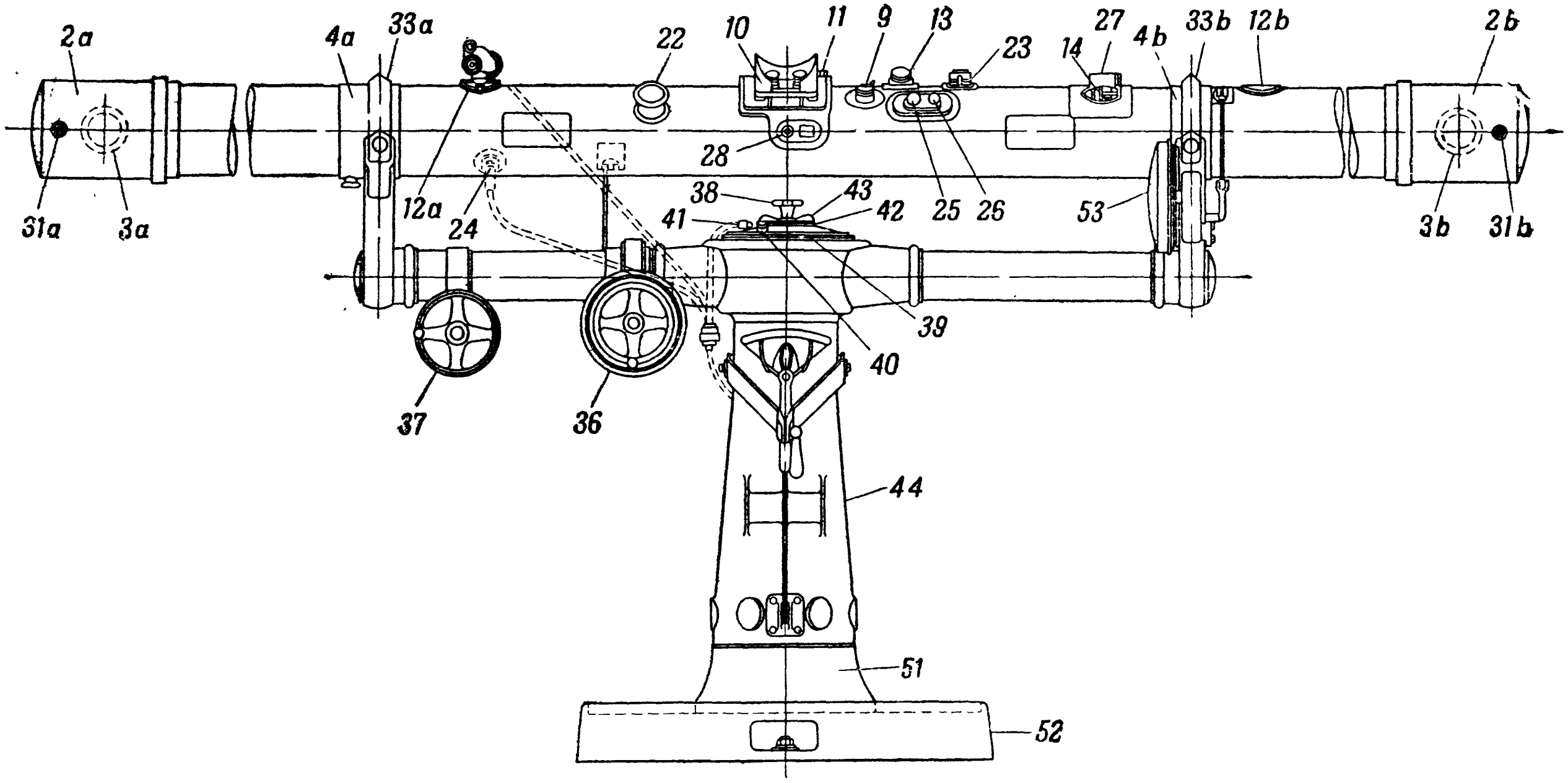


Рис. 90. Трехметровый стереодальномер Цейсса.

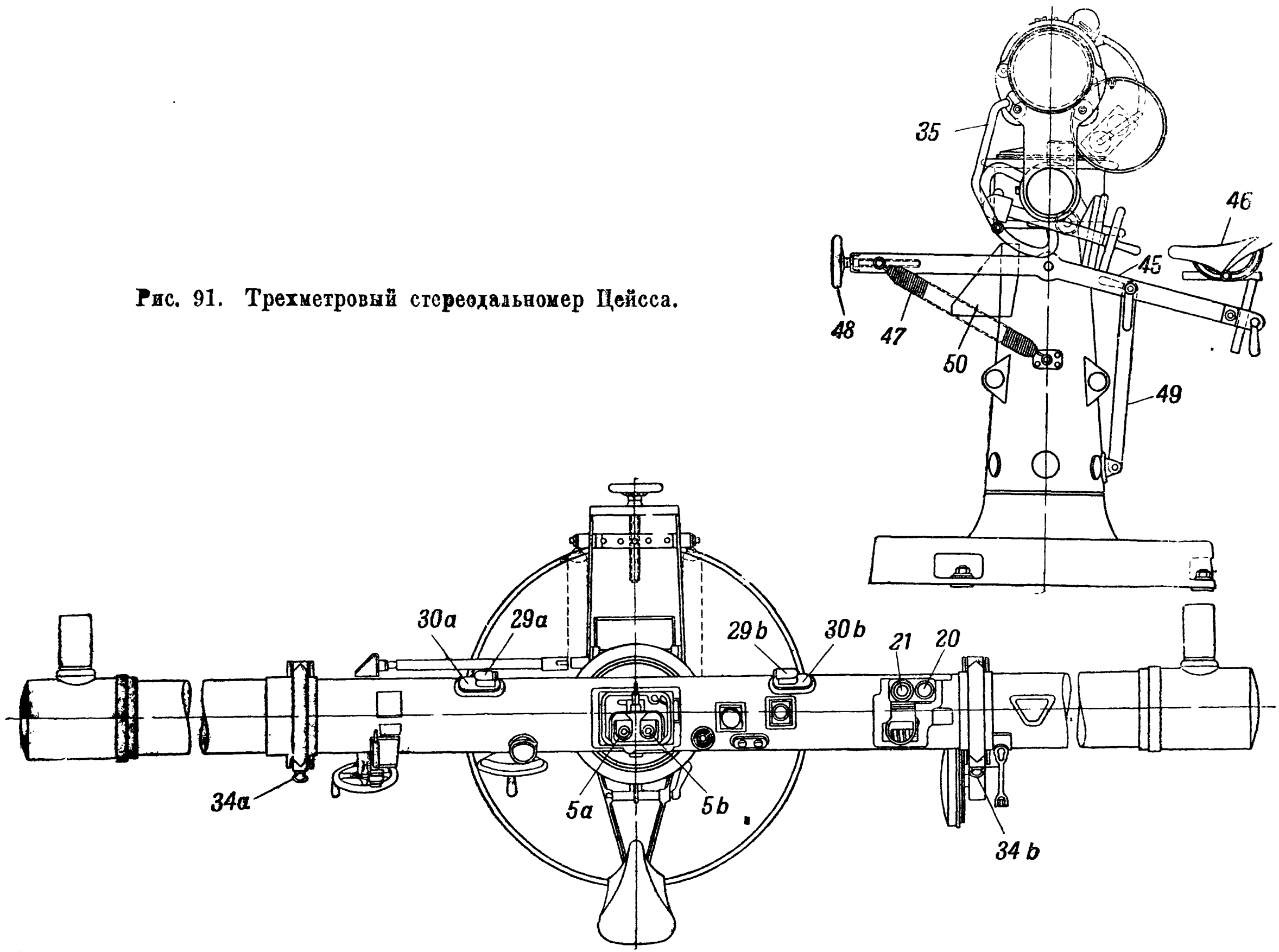


Рис. 91. Трехметровый стереодальномер Цейсса.

Наружный корпус и средняя труба служат для защиты внутреннего остова. На корпусе расположены окуляры, валики приспособлений, служащие для измерения дистанций и для производства выверки дальномера, держатели зрительных труб (искатель), прикреплена тяга от высотомера и т. п. Внутренний остов содержит особо чувствительные к внешнему воздействию части оптической системы дальномера — объективы и окулярные призмы.

Оба окуляра, правый и левый, установлены в одной раме, привинченной к наружному корпусу дальномера; оси их наклонены вниз под углом 60° для удобства наблюдения за воздушными целями.

Окуляры имеют приспособление для установки на расстояние между глазами (от 55 до 75 *мм*) и шкалу с делениями для установки каждого окуляра на резкость зрения (от — 5 до + 5 диоптрий).

3. ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА

В стереодальномерах современных типов передвижение измерительной метки в пространстве достигается обыкновенно тем, что изменяют направление луча, пользуясь для этого специально поставленной в правой части дальномера призмой, имеющей небольшой преломляющий угол. Призма эта от вращения измерительного валика может иметь прямолинейное перемещение вдоль базы дальномера. Передвигая ее, можно луч, идущий от концевого отражателя, повернуть в плоскости измерительного треугольника по направлению к вершине или от вершины его. Соответственно этому изображение в правом окуляре переместится вправо или влево, а так как в левом окуляре изображение будет стоять на месте, то передвижение изображения в правом окуляре в сторону будет соответствовать приближению или удалению предмета, т. е. передвигают изображение к неподвижной измерительной метке. Но в действительности наблюдатель получает впечатление, как будто измерительная метка передвигается в пространстве. Перемещение призмы помощью зубчатого сцепления передается дистанционному барабану, на котором нанесена по винтовой линии шкала дистанций в кабельтовых (или в метрах). Отсчет производится по неподвижному индексу *17* (рис. 94) в специальное окошко, через которое видна шкала.

На рис. 94 шкала дистанций *14* дана в метрах; на том же барабане нанесена выверочная шкала *15* с равномерными делениями. Отсчет выверочной шкалы производится по неподвижному индексу *18*.

При выверке дальномера на согласование при вращении маховичка *20* (рис. 92) благодаря зубчатой передаче дистанционный барабан с обеими шкалами может вращаться, в то время как призма будет стоять на месте.

Разбивка дистанционной шкалы дальномера следующая:

От	$8^1/_4$	кб.	до	20	кб.	деления	идут	через	$^1/_{10}$	кб.,	надписи	— через	$^1/_4$	кб.
„	20	„	„	40	„	„	„	„	$^1/_4$	„	„	„	$^1/_2$	„
„	40	„	„	60	„	„	„	„	$^1/_2$	„	„	„	$^1/_2$	„
„	60	„	„	70	„	„	„	„	$^1/_2$	„	„	„	1	„
„	70	„	„	100	„	„	„	„	1	„	„	„	2	„
„	100	„	„	130	„	„	„	„	2	„	„	„	2	„
„	130	„	„	170	„	„	„	„	5	„	„	„	5	„
„	170	„	„	250	„	„	„	„	10	„	„	„	10	„

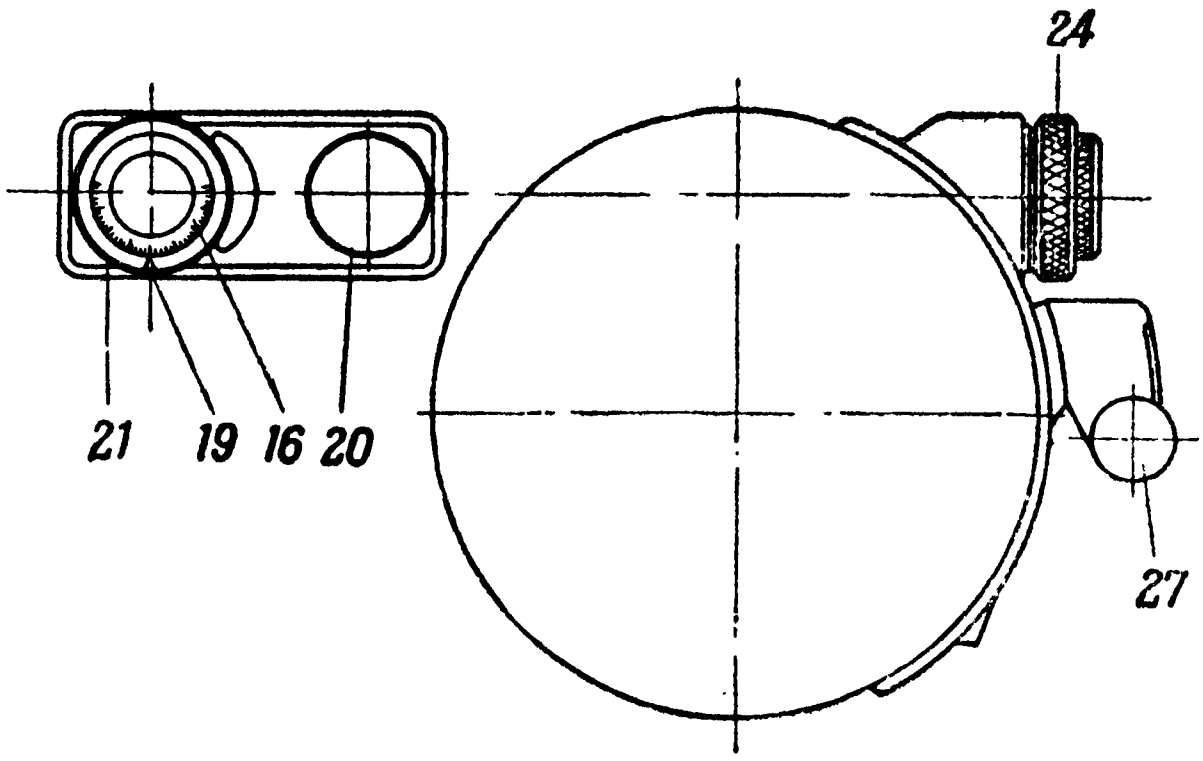


Рис. 92. Маховички выверки на согласование и корректор стрельбы.

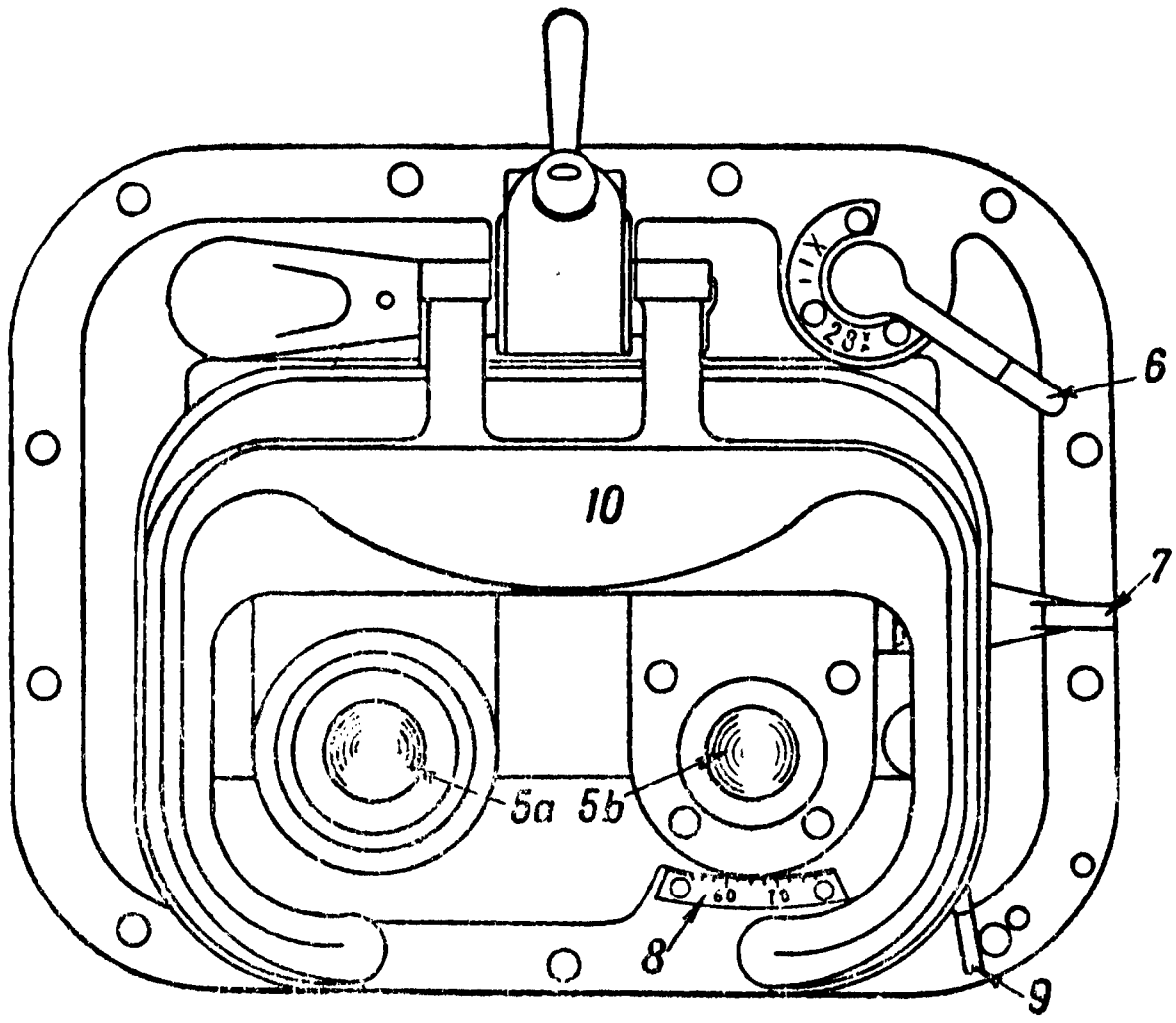


Рис. 93. Окуляры дальномера.

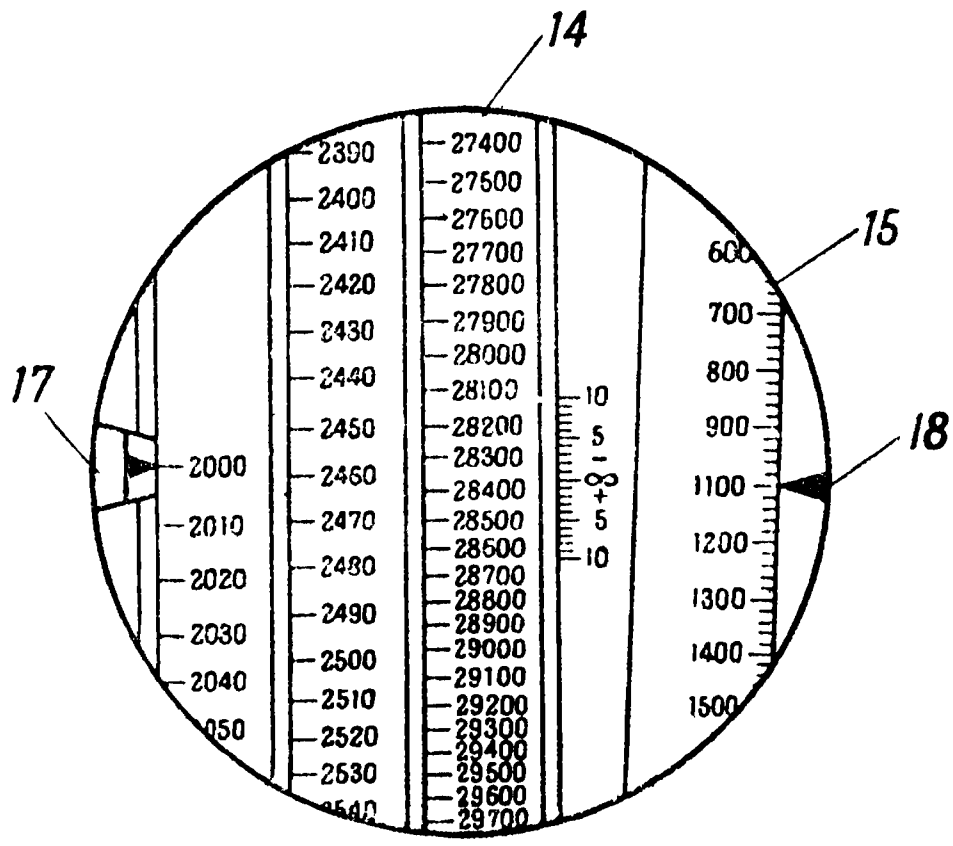


Рис. 94. Дистанционная шкала дальномера.

Выверочное приспособление по высоте — механическое, действие которого заключается в том, что один конец внутренней трубы от вращения маховичка *23* (рис. 90) получает перемещение относительно другого в вертикальной плоскости. Поднимая или опуская один конец внутренней трубы вместе с находящимся в ней объективом, будем перемещать лучи, идущие от одного отражателя, и следовательно, будем поднимать или опускать одно изображение относительно другого, вследствие чего ошибка по высоте может быть устранена.

Оптическая схема дальномера. Оба объектива находятся в концах внутренней трубы и дают изображение предмета в своих фокальных плоскостях, т. е. в том месте, где помещены пластины с нанесенными на них измерительными метками.

На черт. 3 приложений показано расположение стекол в дальномере.

A_1 и A_2 — концевые отражатели (зеркальные пента-призмы, т. е. два зеркала, расположенные под углом 45° друг к другу); B_1 и B_2 — объективы, C — измерительный клин (призма с очень небольшим преломляющим углом—46′), K_1 и K_2 — коллективы (собирательные линзы, поставленные, чтобы сузить пучки лучей); D_1 и D_2 — пластинки с измерительной меткой (установленные в фокальной плоскости каждого объектива); E — лампочка для ночного освещения измерительной метки; P_1 и P_2 — центральные призмы (изменяют направление лучей на 90° в плоскости измерительного треугольника к наблюдателю и, кроме того, они же поворачивают лучи на 60° вверх); M_1 и M_2 — неподвижная часть системы перемены увеличения; H_1 и H_2—подвижная часть системы перемены увеличения; вся система дает, кроме того, полное обращение перевернутого объективом изображения предмета; X_1 и X_2 — параллелепипеды (поставленные ввиду необходимости раздвигать окуляры для установки их по расстоянию между глазами наблюдателя), O_1 и O_2 — окуляры.

Внутренний абсолютный выверитель. У дальномера имеется внутренняя абсолютная выверка (с разворачивающимися пента-призмами); устройство ее совершенно такое же, как у монокулярного пятиметрового дальномера Цейсса (рис. 84), но только оба знака выверителя (вертикальные черточки) могут немного передвигаться при вращении маховичков *30a* и *30b* (рис. 91), насаженных на стерженьки с шестеренкой на конце, сцепляющейся с зубчатой рейкой, прикрепленной к пластинке, на которой нанесен знак выверителя. Устроено это для того, чтобы вертикальная черта выверителя не приходилась посредине ромба, а можно было подвести ее к одному из краев ромба.

4. ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ДАЛЬНОМЕРОМ

Для установки дальномера своими цапфами *4a* и *4b* (рис. 90 и 91) на подшипники *33a* и *33b* штатива наметки откидываются после вытягивания назад болтов *34a* и *34b*. Наметки закидываются и закрепляются вдвиганием болтов. После этого штанга подъемного механизма *35* поднимается вверх и прикрепляется к дальномеру зажимным барашком.

Наводка дальномера. Для точной вертикальной наводки дальномера служит маховик *36*. Грубая горизонтальная наводка дальномера дости-

гается вращением верхней (подвижной) части штатива *44* относительно неподвижного основания *51*.

Точная горизонтальная наводка дальномера достигается вращением маховичка *37*. Передвижной круг с делениями *39* после ослабления зажима *43* можно привести в любое назначенное положение путем соответственной установки его „нулевого“ деления.

Для этого пользуются маховичком для поворота лимба *42* и после достигнутой установки круга с делениями туго затягивают зажим *43*.

Отсчет горизонтального угла производится посредством лупы *40*. Для освещения шкалы лимба с делениями служит помещенная в патроне *41* лампа накаливания, которая, как и все прочие лампы дальномера, питается от аккумуляторов, помещенных в ящике *50*.

Освещение метки, знаков и шкал. Для производства измерений и выверок в темноте имеется электрическое освещение от аккумулятора через штепсель *24*.

При положении переключателя *25* на:

0 — цепь прервана;

1 — горит лампа *27*;

2 — горят лампы *27* и *28*;

3 — „ „ *27*, *28*, *29a* и *29b*.

Яркость освещения можно регулировать реостатом. Особенно важно хорошо подогнать освещенность измерительной метки, чтобы она соответствовала освещенности цели и не была ярче цели.

Корректор стрельбы. Для поправки показаний дальномера по результатам стрельбы, т. е. для корректирования дальномера стрельбой, служит маховичок *21*; тогда дальномер будет давать „пушечное“, а не истинное расстояние.

Для этого необходимо заметить в момент накрытия цели прицел (со знаком + или — от показания дальномера). Затем, вращая маховичок корректора, устанавливают определенное выше значение разницы (поправки) на шкале корректора против черты указателя на кольце с насечкой. Тогда дальномер окажется согласованным с орудиями.

В случае резких изменений условий стрельбы необходимо вновь установить 0 шкалы корректора против черты указателя с насечкой.

Например: прицел — 70 кабельтовых, дальномер — 71 кабельтов; тогда просто устанавливаем на корректоре — 1 кабельтов, и дальномер будет согласован по прицелу.

5. ВЫВЕРКА ДАЛЬНОМЕРА

Порядок производства выверки на согласование

Во всех случаях выверку на согласование у трехметрового стереодальномера Цейсса нужно производить в следующем порядке:

1) вращая измерительный маховичок, привести в совпадение по дальности измерительную метку с предметом;

2) если измеренное расстояние не соответствует истинному, то, вращая маховик с надписью „выверка шкалы“, передвинуть одну шкалу так, чтобы под индекс подошел отсчет истинного расстояния.

Примечание. При выверке по небесным светилам под индекс нужно привести отсчет ∞.

Рекомендуется производить совмещение по дальности измерительной метки с изображением предмета не один, а несколько раз, замечая каждый раз отсчет полученного расстояния и средний из этих отсчетов, поставив его измерительным маховичком под индекс, передвинуть шкалу маховичком „выверка шкалы“ на истинное расстояние.

Выверка при помощи внутреннего выверителя. Выверка дальномера может быть выполнена как при дневном освещении, так и с помощью устроенного в дальномере электрического освещения.

При дневном свете держатели ламп *29a* и *29b* должны быть повернуты около вертикальной оси настолько, чтобы окна *29a* и *29b* были открыты. При освещении электричеством окна должны быть задвинуты держателями ламп. В случае темноты включаются лампы *27*, *28*, *29a* и *29b* помощью выключателя *25*.

Маховик *22* вращается в сторону, обратную движению часовой стрелки, пока цифра 1 на маховике не станет против черты на кожухе маховика. Тогда появятся в поле зрения измерительная метка и вертикальная черта. Эта черта должна находиться рядом с измерительной меткой по направлению и по дальности. В случае, если этого не наблюдается, то вращением головки *30a* ставят черту рядом с ромбом измерительной метки. После этого вращают измерительный маховик *13* до тех пор, пока вертикальная черта (знак выверителя) не будет казаться на одном и том же удалении, как и измерительная метка. Теперь отсчитывают против индекса *18* деление по выверочной шкале *15*. Эту установку повторяют по крайней мере 5 раз, записывая сделанные отсчеты. Дальнейшие 5 установок и отметку результатов производят таким же образом, для чего вращают маховичок *22*, пока цифра 2 на нем не станет против черты на кожухе маховика. Боковое перемещение знака выверителя достигается здесь вращением головки *30b*, а по дальности — вращением измерительного маховичка *13*. Из 10 отсчетов берут среднее и вращением измерительного маховичка *13* устанавливают его на выверочной шкале *15* против индекса *18*.

Вращением валика *20* ставят знак ∞ (бесконечности) шкалы расстояний *14* против индекса *17*. Наконец, устанавливают индекс *19* вращением колеса с насечкой *21* на 0 по шкале корректора *16*. Этим заканчивается выверка дальномера. Чтобы перейти теперь к измерению расстояний дальномером, нужно маховичок *22* повернуть в сторону движения часовой стрелки доотказа (число 0 станет против черты) и выключить лампы *27*, *28*, *29a* и *29b*.

Итак, абсолютная выверка по внутреннему выверителю производится в следующем порядке:

1) маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 0 на цифру 1;

2) вращая головку с насечкой (служащую для передвижения вертикальной линии вправо и влево), подвести черту к краю ромбика измерительной метки;

3) вращая измерительный маховичок, поставить ромб измерительной метки в одном видимом удалении с вертикальной чертой и заметить отсчет на выверочной шкале;

4) маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 1 на цифру 2;

5) вращая другую головку с насечкой (служащую для передвижения

вертикальной линии вправо или влево), подвести черту к краю ромбика;

6) вращая измерительный маховичок, поставить ромб измерительной метки на одном видимом удалении с вертикальной чертой и заметить отсчет на выверочной шкале;

7) взять среднее из двух отсчетов (а если для большей точности было произведено 10 наблюдений, то из десяти) и, вращая измерительный маховичок, поставить этот отсчет на выверочной шкале;

8) вращая маховичок передвижения шкалы, подвести знак ∾ на шкале расстояний под индекс;

9) вращая колесо с насечкой корректора стрельбы, подвести индекс к нулю шкалы корректора;

10) маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 2 на цифру 0.

§ 41. ШЕСТИМЕТРОВЫЙ СТЕРЕОДАЛЬНОМЕР ЦЕЙССА С КОНВЕРТОРОМ

1. ГЛАВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДАЛЬНОМЕРА

Конструктивные данные

Длина базы дальномера	6 *м*
Полная длина дальномера	6,37 *м*
Угол наклона оси окуляров	80°
Предел разбивки шкалы дистанций	от 15 до 200 кб.
Система выверителя	внутренняя абсолютная

Окуляры дальномера, искателя и прицельной трубы приспособлены для наблюдения в противогазе

Дальномер имеет индивидуальную (для дальномерщика) вертикальную наводку, кроме обыкновенной вертикальной наводки.

Передача расстояний на приемники — автоматическая, электрическая — через механический конвертор (для перевода неравномерных делений шкалы в равномерные).

Высотомер — маятниковый. На нем отсчитываются: высоты цели — в пределах от 0 до 70 гектометров, горизонтальные дальности — от 17 до 75 кабельтовых (для наклонных дальностей — от 17 до 83 кабельтовых). Углы местности — от 0° до 78°.

Оптические данные дальномера:

Увеличение дальномера	28 и 18
Истинное поле зрения дальномера	1°30′ и 1°48′
Светосила	4 и 9,6
Увеличение монокулярного искателя	7
Поле зрения искателя	7
Светосила	50,4

Увеличение монокулярной прицельной трубы . 10
Поле зрения прицельной трубки . . . . . 5°
Светосила 18,5

Весовые данные дальномера.

Вес дальномера . . . . . 560 *кг*
„ тумбы . . . . . 650 „
„ железного ящика . . . . . 560 „

2. НАРУЖНОЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА (рис. 95, 96, 97, 98 и 99)

1 — наружная труба дальномера; *2a* и *2b* — концевые головки дальномера; *3a* и *3b* — съемные патрубки; *4a* и *4b* — кольцевые гнезда для роликов подшипника; *5a* и *5b* — окуляры; *6* — рычажок для перемены увеличения; *7* — рычажок для установки расстояния между окулярами; *8* — шкала в миллиметрах для установки расстояния между окулярами; *9* — рычажок для включения цветных стекол; *10* — маховичок для включения противопрожекторных стекол; *11* — переставной налобник; *12* — прицел и мушка; *13* — маховичок для индивидуальной вертикальной наводки; *14* — измерительный маховичок с сигнальным контактом, приводимым в действие дальномерщиком при автоматической передаче расстояний в моменты определения правильной дистанции; *15* — штепсель для кабеля сигнала при автоматической передаче расстояния; *16* — шкала дистанций; *17* — маховичок выверки по высоте; *18a* и *18b* — окошки и лампочки внутреннего выверителя; *19a* и *19b* — маховички для передвижения выверочной линии вправо и влево; *20* — маховичок внутреннего выверителя; *21* — маховичок выверки на согласование; *22* — выверочная шкала; *23a* и *23b* — клапаны для присоединения прибора для просушки; *24* — штепсель; *25* — лампочка для освещения измерительной марки; *26* — реостат для лампы *25*; *27* — лампочка для освещения шкалы; *28* — общий переключатель; *29* — конвертор; *30* — болт тяги вертикального наведения; *31* — противовес для уравновешивания дальномера; *32* — искатель; *33* — прицельная труба по аэроцелям; *34* — высотомер; *35* — лямка для локтя; *40* — вращаемая колонка штатива; *41* — неподвижное основание тумбы; *42a* и *42b* — откидные наметки подшипников; *43a* и *43b* — болты для закрепления наметок; *44* — маховик горизонтального наведения; *45* — стопор горизонтального наведения; *46* — маховик вертикального наведения; *47* — соединительная тяга вертикального наведения; *48a* и *48b* — рымы для подъема тумбы; *49* — лупа для отсчета азимута; *51* — маховичок для зажима лимба; *52* — маховик для перестановки азимутального лимба; *53* — круглый уровень для установки тумбы в горизонтальное положение; *54* — кронштейн сиденья; *55* — сиденье (седло); *56* — маховик для регулирования сиденья по весу дальномерщика; *57a* и *57b* — опоры для ног; *58* — аккумуляторы; *59* — угловой патрубок для ввода кабеля; *60a* и *60b* — гайки для регулировки роликовых подшипников.

3. ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА

Дальномер состоит из наружного кожуха, средней трубы и внутреннего остова, состоящего в свою очередь из двух труб, из которых наружная, толстая стальная труба является защитой внутренней трубы,

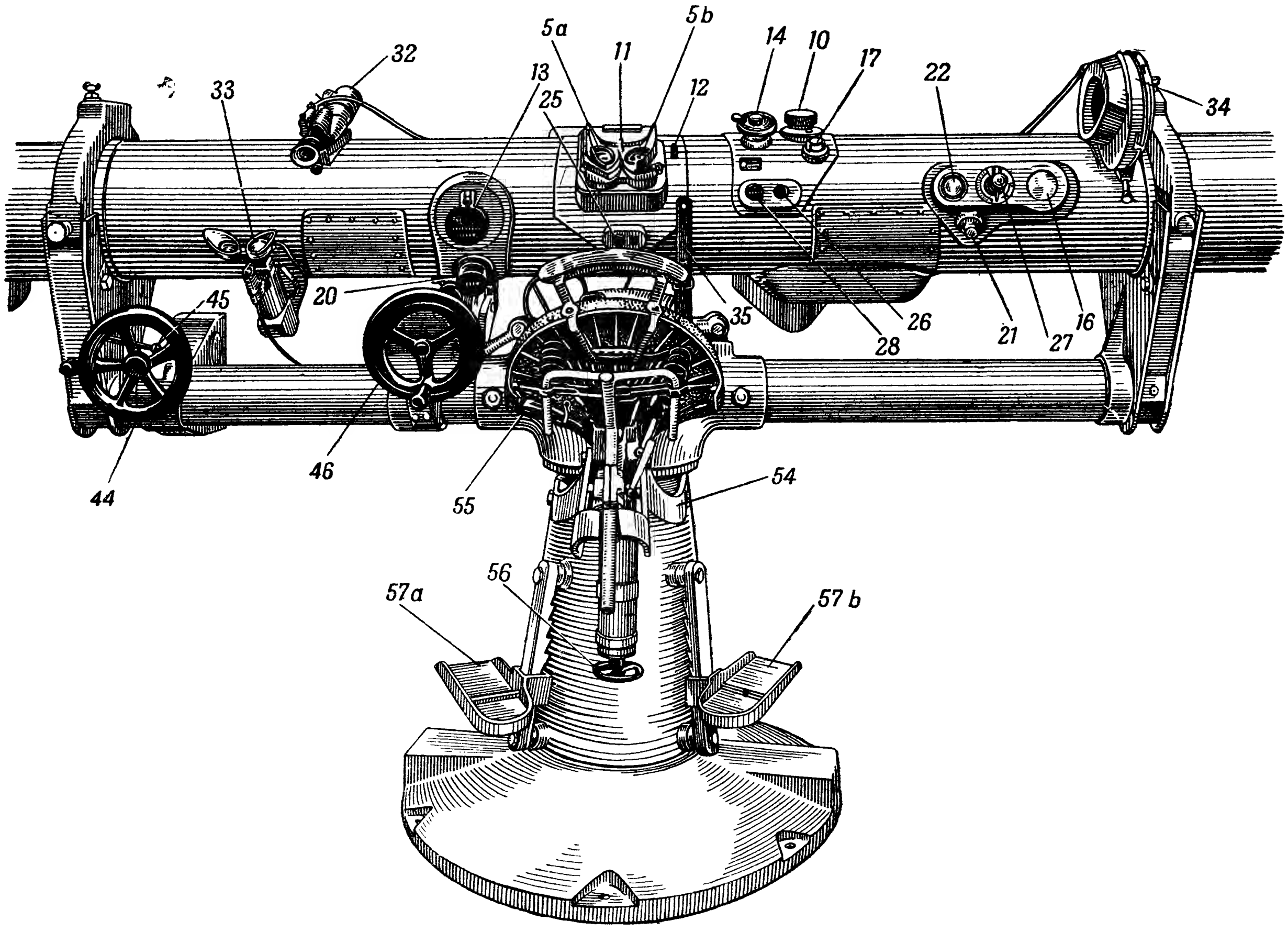


Рис. 95. Шестиметровый стереодальномер Цейсса с конвертором (вид со стороны окуляра, средняя часть).

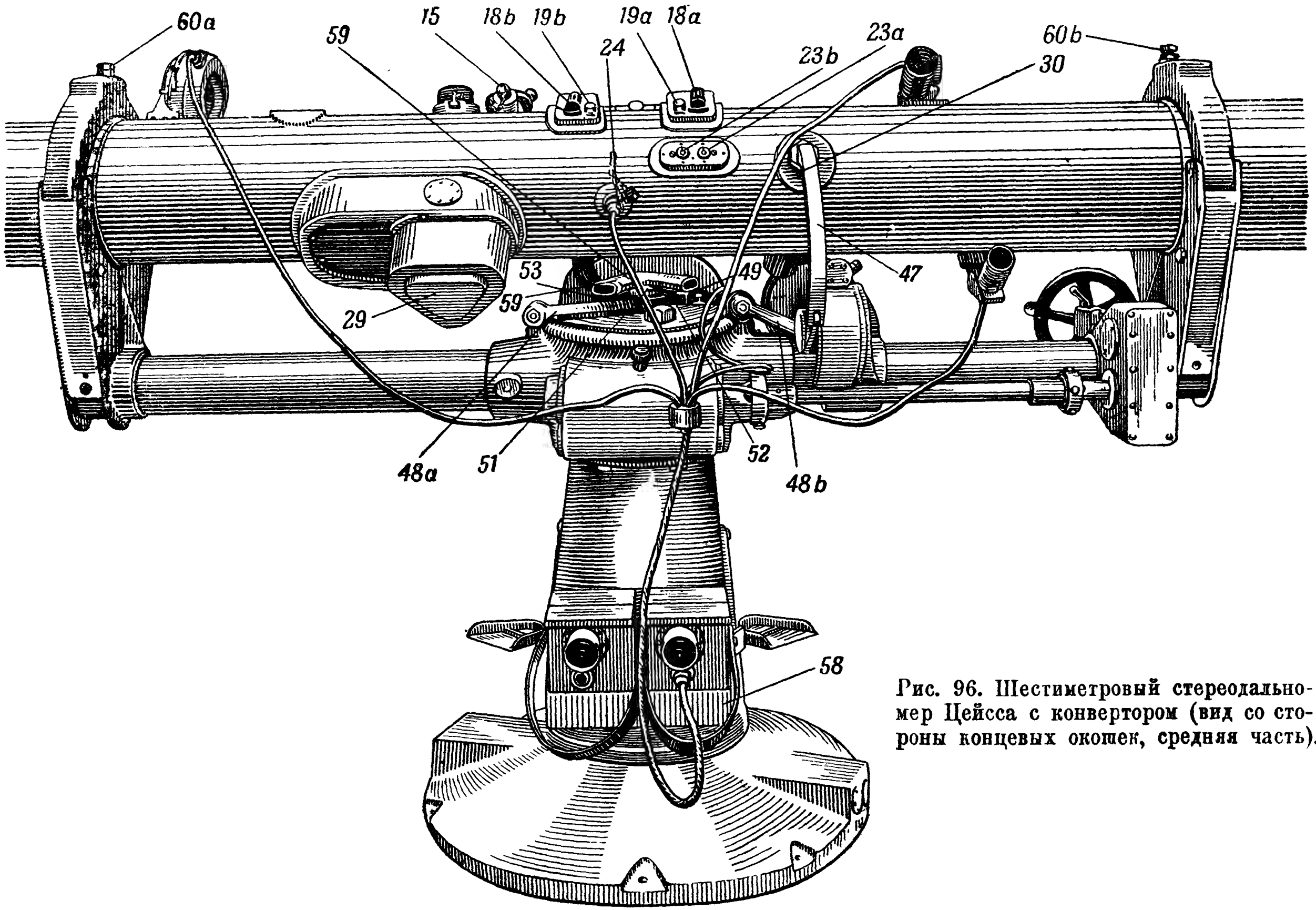


Рис. 96. Шестиметровый стереодальномер Цейсса с конвертором (вид со стороны концевых окошек, средняя часть).

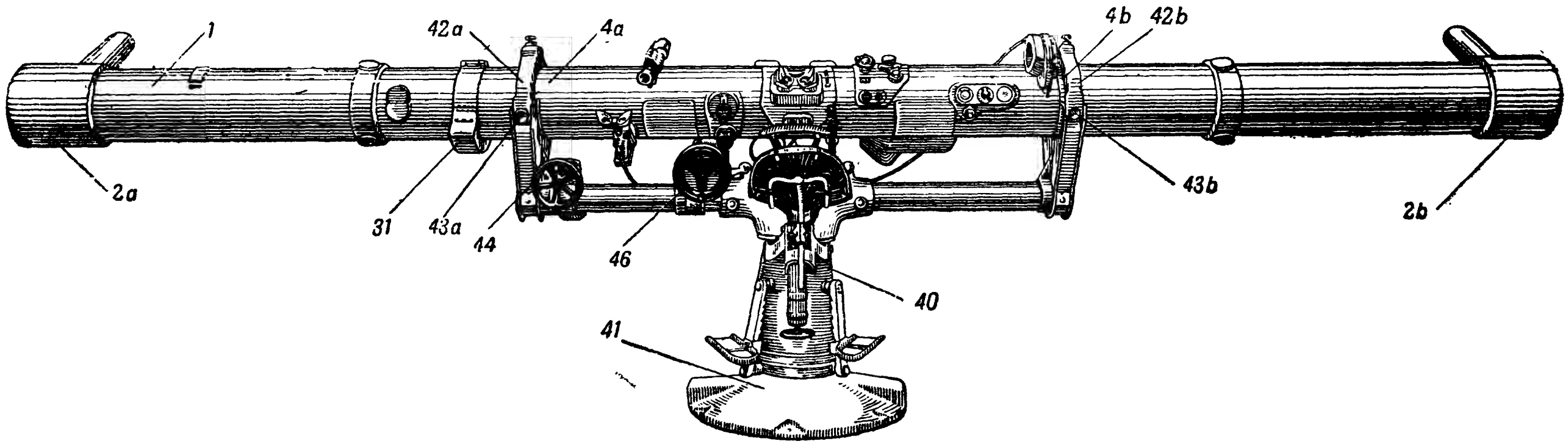


Рис. 97. Шестиметровый стереодальномер Цейсса с конвертором (вид со стороны окуляров).

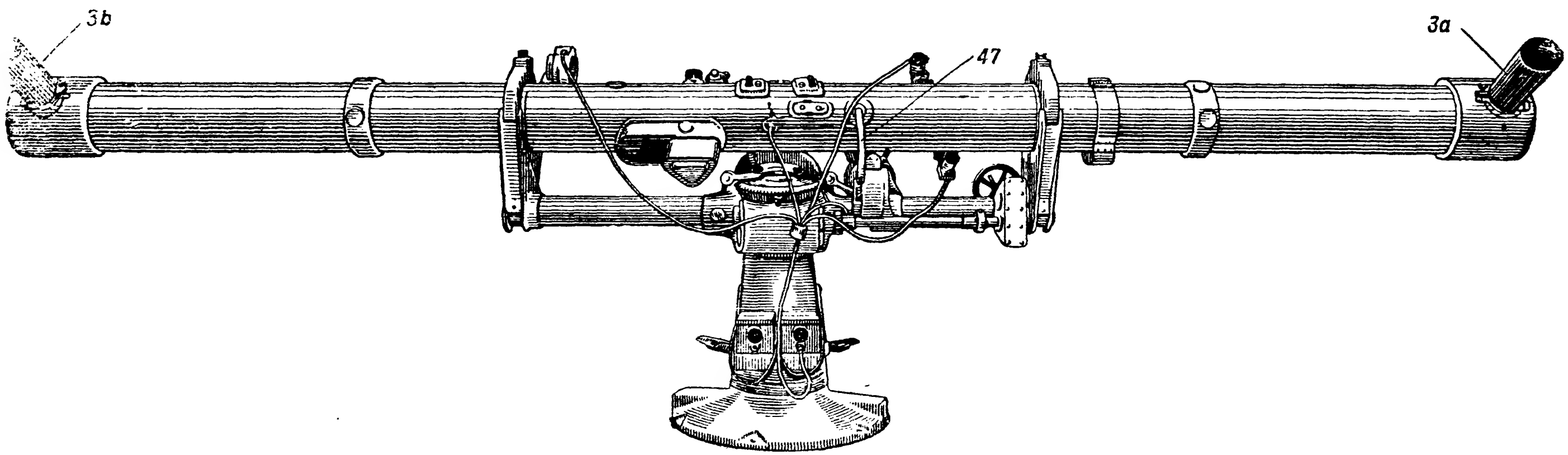


Рис. 98. Шестиметровый стереодальномер Цейсса с конвертором (вид со стороны концевых окошек).

в которую и вставляется чувствительная оптика; труба эта называется телескопом; длина ее около 1 *м*. Внутренний остов со всей находящейся в нем оптикой может быть вставлен в дальномер любой базы от 3 до 8 *м*. Вообще дальномеры этого типа так унифицированы, что 80% всех деталей одинаковы для дальномеров упомянутых баз.

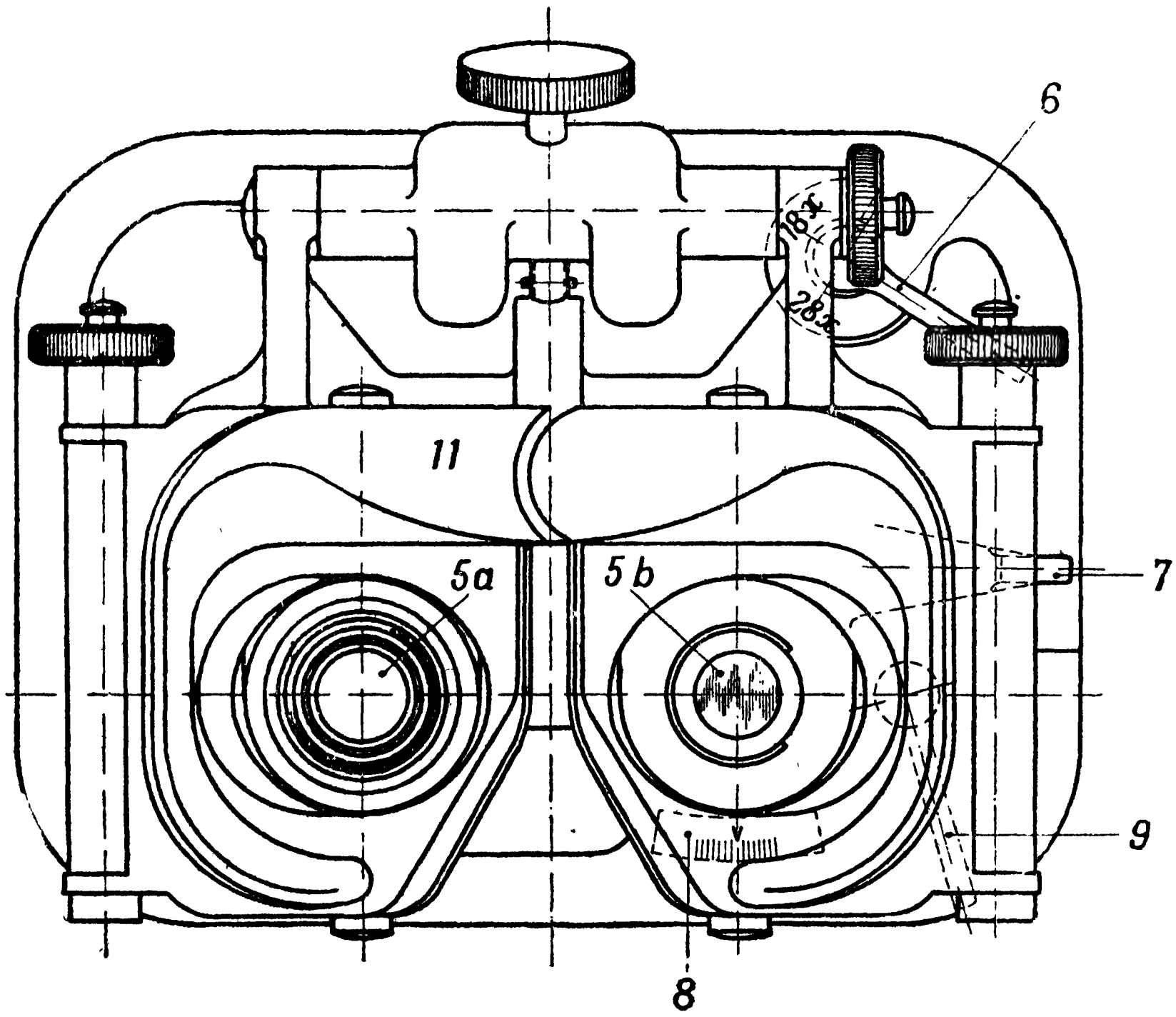


Рис. 99. Окулярная часть шестиметрового стереодальномера.

Выверочное приспособление по высоте — механическое, аналогично описанному у стереодальномера без конвертора. Угол качания внутренней трубы около 10′.

Выверочное приспособление на согласование. Для выверки на согласование имеется специальный привод к отдельному клину (выверочный клин); дистанционная шкала в это время стоит на месте, а двигается особая выверочная шкала, на которой нанесены равномерные деления (отнюдь не кабельтовы), служащие для того, чтобы брать средний отсчет из нескольких наблюдений. Измерительный клин помещается в левой части дальномера, и, следовательно, при помощи его можно так отклонить луч от левого концевого отражателя, чтобы он оказался на том же месте относительно левой измерительной метки, где в это время находится луч от правого концевого отражателя относительно правой измерительной метки.

Выверочный клин находится в правой части дальномера, и следовательно, при выверке мы, наоборот, подгоняем правый луч на то же место, на котором в левой части находится левый луч.

Внутренний абсолютный выверитель. Принцип устройства внутренней абсолютной выверки (разворачивание выверочных пента-призм на 90° для производства наблюдений с двух сторон) тот же, что и у вышеописанных дальномеров, но технически выполнен немного иначе.

Из-за конвертора (устройство и назначение которого описаны ниже) пришлось движение дистанционной шкалы ограничить 200 кабельтовыми, поэтому поставить коллиматоры, дающие в дальномер от лампочки или дневного света пучок параллельных лучей (искусственная бесконечность), нельзя.

Коллиматоры в этом дальномере несколько изменены; они создают оптическим путем искусственную цель не на бесконечности, а на определенной дистанции, по которой и проверяется точность показаний дальномера. Ход лучей в коллиматорах выверителя рассчитан таким образом, что вертикальная черта заменяет цель, которая находится точно на дистанции 124 кабельтова. Дистанция 124 кабельтова отмечается на дистанционной шкале красным цветом (у дальномеров других баз выверочные дальности другие; например, у восьмиметрового — 165 кабельтовых, а у трехметрового — около 62 кабельтовых).

Оптическая схема и ход лучей в выверителе. Почти вся оптика обоих коллиматоров выверителя собрана в одной трубе немного короче по длине, чем база дальномера. Труба эта помещена внутри средней трубы дальномера впереди внутреннего остова. Схема хода лучей для первой и второй выверок показана на черт. 4 и 5 приложения.

Рассмотрим сначала схему на черт. 4 приложения (первая выверка).

62a и *62b* — концевые отражатели дальномера (пентагональные зеркала с углом между зеркалами в 45°); *61a*, *61b* — пентагональные зеркала выверителя, но у которых одна грань посеребрена, а другая оставлена непосеребренной; *73* — окошко (дневной свет или лампочка); *74* — собирательная линза; *75* — зеркало для поворота лучей; *76* — пластинка с нанесенной на ней чертой (выверочный знак); *77* — призма для поворота лучей с приклеенным к ней объективом; *78* — сферическое вогнутое зеркало (рефлектор), строящее изображение выверочного знака совместно с объективом (выверочный знак поставлен немного дальше фокуса вогнутого зеркала, так как если бы он был поставлен в фокусе, то лучи, отразившись от зеркала, пошли бы параллельно, что соответствовало бы бесконечности, а нам нужен несколько сходящийся пучок с углом таким же, как и от предмета на расстоянии 124 кабельтова).

При повороте маховичка внутреннего выверителя с положения „0“ на положение „1“ правые зеркала выверителя (*61b*) останутся на месте, а левые (*61a*) развернутся на 90°. Свет через окошко *73* соберется линзой *74* и, отразившись от зеркала *75*, осветит выверочную линию *76*, призма *77* повернет лучи, которые пройдут насквозь через непосеребренную грань зеркала *61a* (выверочный отражатель) и упадут на рефлектор *78*. Отраженные рефлектором лучи частью снова пройдут насквозь через непосеребренную грань зеркала *61a* и упадут на посеребренную грань правого выверочного отражателя *61b*, который повернет их на 90° и пошлет на правый концевой отражатель дальномера. Часть же лучей у непосеребренной грани левого выверочного отражателя не пройдет через эту грань, а отразится от нее (как известно, при пре-

ломлении 4% лучей отражаются от каждой поверхности стекла), упадет на посеребренную грань этого отражателя и благодаря этому повернется на 90° и упадет на левый концевой отражатель дальномера. Таким образом, в оба конца дальномера от одного выверочного знака получим одинаковые пучки лучей. Благодаря одновременной проекции выверочного штриха в оба окуляра дальномера создается рельефное его изображение, как будто бы он находился на дальности 124 кабельтова.

При повороте маховичка внутреннего выверителя с положения „1“ он пройдет через положение „0“, в это время левый выверочный отражатель развернется на 90° и станет в свое первоначальное положение; при дальнейшем повороте маховичка на положение „2“ левый выверочный отражатель останется на месте, правый же развернется на 90°, как видно на черт. 5 приложения, где изображен ход лучей второй выверки. Принцип этой схемы вполне аналогичен принципу первой, однако, направление лучей противоположно.

Если выверочный знак первого коллиматора, ввиду ошибочного хода лучей, представляет собой цель, например, на большей, чем выверочная, дистанции, то выверочный знак второго коллиматора автоматически будет находиться на соответственно меньшей дистанции.

Для абсолютного устранения ошибки по дальности необходимо взять среднее арифметическое из результатов первой и второй выверки.

Оптическая схема и ход лучей в дальномере. Поступившие в дальномер лучи проходят через следующие оптические части (черт. 6 приложения).

В левой половине дальномера: *60a* — ахроматический клин, являющийся одновременно защитным стеклом и клином; вращением его пользуются при сборке и регулировке дальномера для согласования внутренней выверки с действительными измерениями расстояний до предметов, истинное расстояние до которых точно известно; *61a* — непосеребренная грань выверочного отражателя; *62a* — концевой отражатель; *63* — противопрожекторные стекла (если они включены); *65* — ахроматический объектив; *66* — ахроматический клин, передвигающийся вдоль оси дальномера (измерительный); *67* — центральные призмы (назначение которых — повернуть лучи на 90° к наблюдателю и поднять их на 80° вверх относительно линии визирования); *68* — пластинки с нанесенными на них измерительными метками (фокальные плоскости объективов); *69* — система линз для перемены увеличения; *70* — цветные стекла (светофильтры), если они введены; *71* — ромбоидальные призмы, служащие для возможности установки расстояния между зрачками наблюдателя; *72* — окуляры.

В правой половине дальномера до центрального мостика с призмами, который уже разобран, лучи проходят:

60b — защитный клин (не ахроматический); *61b* — непосеребренную грань выверочного отражателя; *62b* — концевой отражатель; *63* — противопрожекторные стекла; *64* — выверочный ахроматический клин (вращающийся); *65* — ахроматический обьектив.

4. УСТАНОВКА И ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ДАЛЬНОМЕРОМ

Установка (рис. 95, 96, 97 и 98). При подъеме дальномера краном нужно тросы проводить в непосредственной близости кольцевых гнезд

для роликов подшипников *4a* и *4b*. При подъеме штатива цепи крана нужно вдевать в петли *48a* и *48b*.

Вкладывать дальномер в открытые подшипники штатива нужно с крайней осторожностью, чтобы не подвергать прибор излишним толчкам и ударам. Закрыв нахлестки подшипников, застопорить их в этом положении болтами *43a* и *43b*. Если подшипники охватывают трубу дальномера неплотно, то шаткость следует устранить, слегка затянув гайки *60a* и *60b*, которые действуют на переставной ролик подшипников.

На основной плите тумбы штатива имеются 6 отверстий для пропуска болтов, закрепляющих тумбу на фундаменте.

Соединительный рычаг *47* механизма вертикальной наводки необходимо сцепить с трубою дальномера при помощи болта *30*. Горизонтальный лимб дальномера — переставной; его можно согласовать с лимбами орудий или каких-нибудь других приборов. Перестановка лимба производится по освобождении маховика *51* при помощи маховика *52*. Установив правильно лимб, затянуть снова маховик *51*.

Точная вертикальная наводка. Дальномер имеет приспособление для точной вертикальной наводки, производимой от особого маховичка самим дальномерщиком, независимо от маховичка вертикального наведения, которым работает наводчик. От вращения маховичка точной вертикальной наводки будет вращаться вокруг оси дальномера средняя труба с внутренним остовом, в то время как наружная труба с искателем и прочими приспособлениями не будет поворачиваться. Благодаря такому устройству дальномерщик в состоянии вводить поправки в вертикальную наводку и ставить измерительную метку относительно цели так, как это ему будет наиболее удобно для измерения.

Светофильтры и противопрожекторные стекла. У этого типа дальномера отделены светлые цветные стекла (светофильтры), которые ставятся рычажком *9* около окуляра для улучшения контрастности цели,— от противопрожекторных стекол, которые ставятся маховичком *10* из положения 0 (когда они выведены) в положение 1 или 2. При особенно ослепляющем свете ставится стекло *2*, при менее ослепляющем — стекло *1*. Стекла эти полуматовые и задерживают большое количество лучей. Находятся они вблизи концевых отражателей.

Патрубки концевых окошек. Концевые окошки дальномера защищены съемными патрубками. Сжатый воздух из специального баллона или из воздухопровода направляется внутрь патрубков и препятствует образованию осадков и загрязнению защитных стекол от порохового дыма, дымовых завес и отравляющих газов. Кроме того, патрубки являются защитой стекол концевых окошек от солнечных лучей и водяных брызг.

5. КОНВЕРТОР

Этот тип дальномера приспособлен для ведения управления артиллерийским огнем дальномерным способом, т. е. все, что измерил дальномерщик непосредственно с дальномера, передается в центральный пост или по желанию даже прямо на орудие. От вращения измерительного маховичка будет передвигаться электрическая стрелка принимающего прибора. Но деления на дистанционной шкале дальномера неравномерные (чем больше расстояние, тем промежуток между черточками на шкале меньше), передавать электрическим ключом такие

деления нельзя, поэтому к дальномеру пристроен прибор, который переделывает неравномерные деления шкалы в равномерные; прибор этот называется конвертор.

Дальномерщик, беря расстояние, вращает измерительный маховичок, который передвигает клин и дистанционную шкалу дальномера; одно-

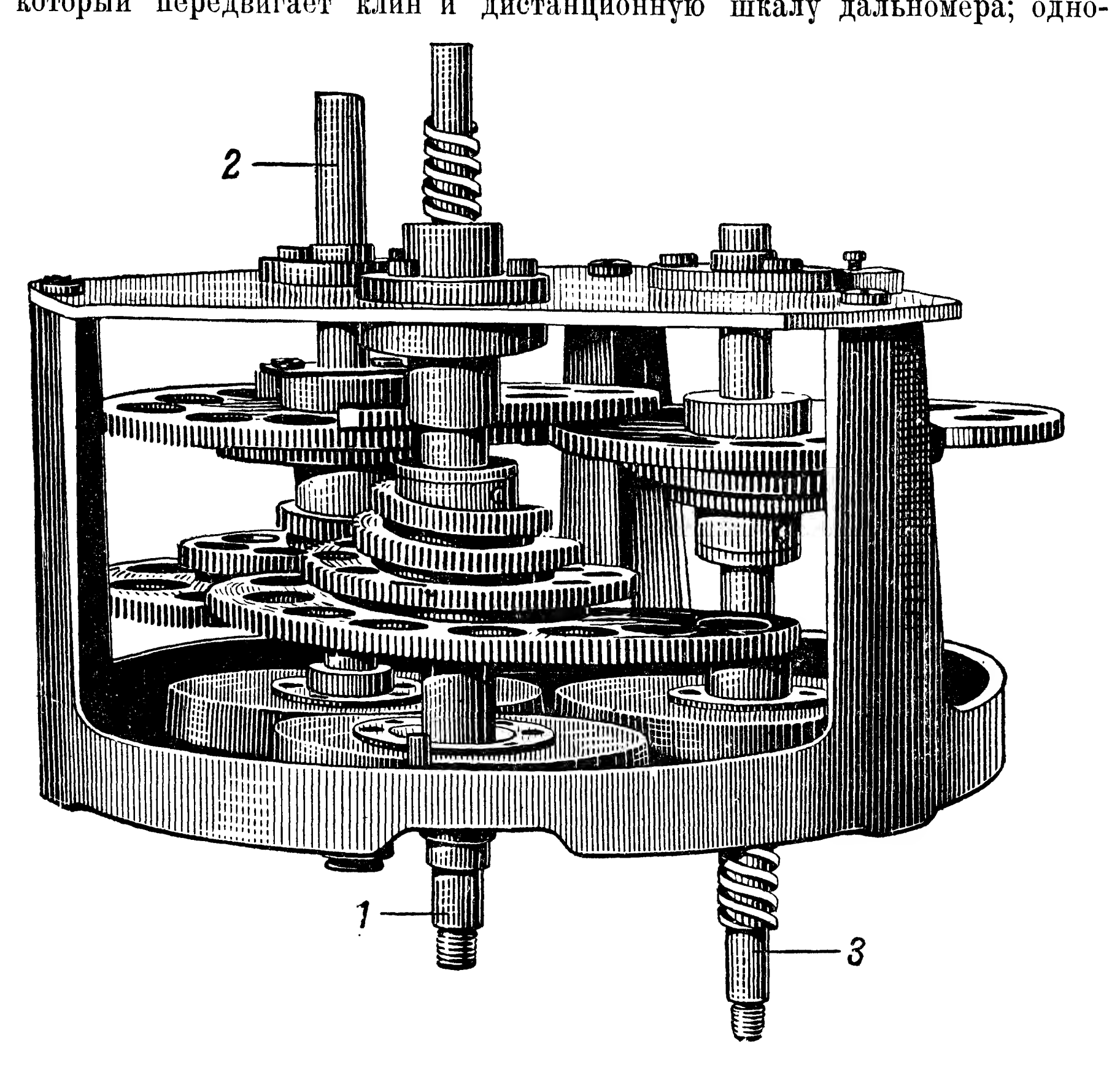


Рис. 100. Конвертор.

временно будет вращаться вал *1* конвертора, который, как и дистанционная шкала, будет вращаться не пропорционально измеряемым дистанциям; на валу *1* насажена первая шестерня (рис. 100), сцепляющаяся со второй шестерней на валу *2*; на этом же валу имеется другая шестерня (третья), сцепляющаяся с четвертой шестерней на валу *3*. Все 4 шестеренки представляют собой винтообразные спирали, поверхность которых — не круг, а особо вычисленные кривые; поэтому вал *3* уже будет вращаться пропорционально измеряемым дистанциям, и на него можно будет насадить электрический ключ или датчик (если на переменном токе). Один поворот вала *3* будет на всех дистанциях соответствовать $22^1/_2$ кабельтовых. К сожалению, пределы действия конвертора ограничены и меньше предела шкалы дистанций (максимальное расстояние на шкале — бесконечность); действие конвертора

кончается раньше, поэтому автоматическую передачу расстояний приходится прекращать на некотором расстоянии (так, у шестиметрового Цейсса стопор поставлен на 200 кабельтовых), поэтому производить у него выверку по небесным светилам нельзя. Если включена автоматическая передача расстояний, то дальномерщик, вращая измерительный маховичок, будет вращать и электрический ключ, и следовательно, всякое измеренное расстояние будет сразу же установлено на принимающем приборе. Дальномерщик может ошибиться, и чтобы не воспользовались неверно измеренным расстоянием, устроено следующее приспособление: около измерительного маховичка поставлен штепсель, к которому подведен отдельный кабель, идущий также к принимающему прибору; на самом измерительном маховичке имеются еще контактная кнопка и контактное кольцо; если нажать кнопку, то она останется утопленной, и ток будет включен в сигнальную лампочку на принимающем приборе, это соответствует тому, что расстояния измеряются правильно; но как только расстояние измерено неверно, надо нажать контактное кольцо, которое освободит кнопку, и лампочка потухнет. Если кнопка не была застопорена, то от нажатия на контактное кольцо лампочка вспыхнет на момент.

6. ВЫВЕРКА ДАЛЬНОМЕРА

Порядок производства выверки на согласование. Во всех случаях выверку на согласование у шестиметрового дальномера Цейсса нового образца надлежит производить в следующем порядке:

1) измерительным маховичком точно привести в совпадение по дальности измерительную метку с предметом;

2) если измеренное расстояние не соответствует истинному, то измерительным маховичком подвести под индекс отсчет истинного расстояния;

3) вращая маховичок приспособления для согласования (освободив предварительно стопорный винтик на предохранительной крышке), нужно опять точно привести в совпадение по дальности измерительную метку с предметом.

Примечание. При выверке по земным предметам рекомендуется приводить в совпадение по дальности измерительную метку с предметом не один, а несколько раз, замечая каждый раз отсчет на выверочной шкале, затем, взяв средний из них, поставить его на выверочной шкале.

Абсолютная выверка по внутреннему выверителю. Порядок выверки по внутреннему выверителю следующий:

1) измерительным маховичком подвести под индекс отсчет 124 кабельтова (выверочная дальность, отмеченная красным штрихом);

2) маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 0 на цифру 1;

3) вращая маховичок (служащий для передвижения вертикальной линии вправо и влево), подвести черту к краю ромбика измерительной метки, но чтобы она не касалась ромбика;

4) маховичком приспособления для согласования подвести ромбик на одно удаление с чертой и заметить отсчет на выверочной шкале;

5) маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 1 на цифру 2;

6) вращая другой маховичок, передвигающий линию вправо и влево, подвести черту к другому краю ромбика так, чтобы опять между ними оставался такой же маленький просвет;

7) маховичком приспособления для согласования подвести ромбик на одно удаление с вертикальной чертой и заметить отсчет на выверочной шкале;

8) взять средний из двух отсчетов и вращением маховичка приспособления для согласования поставить его на выверочной шкале;

9) маховичок внутреннего выверителя повернуть с цифры 2 на цифру 0.

Примечание. Для большей точности рекомендуется производить совмещение по дальности измерительной марки с вертикальной чертой несколько раз при положении 1 и столько же раз при положении 2, замечая все время отсчеты на выверочной шкале; вычислив затем для каждого из положений среднее, взять общее среднее и вращением маховичка приспособления для согласования этот окончательный результат установить на выверочной шкале.

§ 42. ВЫСОТОМЕРЫ

Для определения высоты аэроцели у стереоскопических дальномеров имеются высотомеры, которыми можно также определить горизонтальную дальность и угол местности.

Высотомеры бывают маятниковые и логарифмические. Вторые значительно точнее и удобнее, но для них требуется обязательно иметь дальномер установленным совершенно горизонтально по уровню; поэтому для судовых дальномеров они, к сожалению, непригодны; морские дальномеры имеют всегда высотомеры маятникового типа.

Оба типа высотомера решают в каждый момент вертикальный прямоугольный треугольник на местности по гипотенузе (наклонная дальность *Д*), которую измерил дальномер, т. е. расстояние до аэроцели, и по углу местности, который автоматически получается на высотомере от поворота дальномера вокруг своей оси при наводке на цель. По этим двум данным находятся два катета треугольника (рис. 101) — высота цели и горизонтальная дальность.

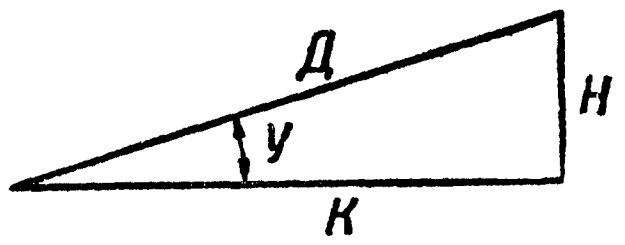


Рис. 101. Вертикальный прямоугольный треугольник на местности.

Маятниковый высотомер соединен с дальномером тягой, и при наведении дальномера на цель, т. е. при вращении дальномера вокруг горизонтальной оси, диск высотомера с делениями будет поворачиваться (рис. 102). Маятник, оставаясь все время отвесным, будет отсчитывать по дуге в градусной мере углы местности, т. е. угол *У*, под которым виден самолет над уровнем моря.

На маятнике нанесены величины расстояний *Д* в кабельтовых на левой стороне черными цифрами, а на правой — красными. На диске высотомера черными линиями нанесены высоты цели, а красными — горизонтальные дальности по карте. Для нахождения высоты аэроцели нужно посмотреть по дистанционной шкале, какое расстояние взято в данную минуту до самолета; в точке соединения черной цифры (на маятнике) взятого дальномером расстояния

до аэроцели с черной линией на диске получим высоту цели, а в точке соединения красной цифры (на маятнике) с красной линией на диске — горизонтальную дальность по карте.

Логарифмический высотомер состоит в основном из двух стеклянных дисков, расположенных параллельно друг другу и тщательно центрированных. На каждом диске нанесен ряд кривых, причем на одном эти

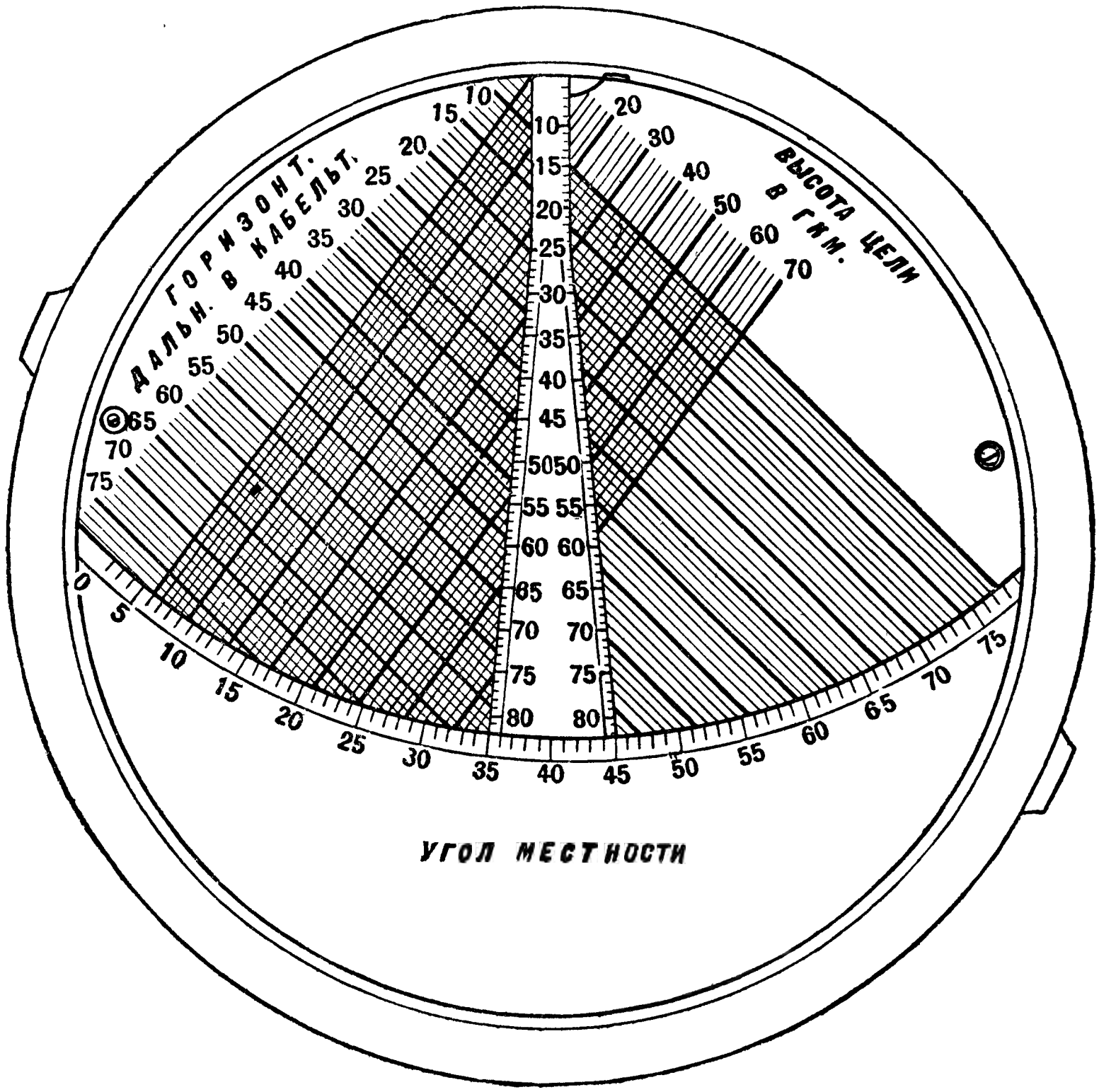


Рис. 102. Маятниковый высотомер.

кривые дают высоты цели, а на другом — горизонтальные дальности (рис. 103). Кривые эти получены вычислением при решении прямоугольного треугольника по тригонометрическим формулам.

Указанные диски помещены в тележке, которая движется прямолинейно и параллельно оси дальномера, когда вращают измерительный валик (т. е. при измерении дистанции). Между дисками находится красная стрелка, острие которой и будет индексом, по которому будут делать отсчеты. Следовательно, при вращении измерительного валика тележка с дисками будет ходить вправо и влево, а индекс будет чертить по диску прямую линию.

Диски связываются еще с вертикальным наведением дальномера, и при вращении маховичка вертикального наведения для наводки на цель, т. е. при измерении угла местности, диски будут вращаться вокруг

своего центра, который останется неподвижно на месте. Индекс начертит в это время на поверхности диска окружность.

Таким образом, оба диска получают сложное движение по дистанции

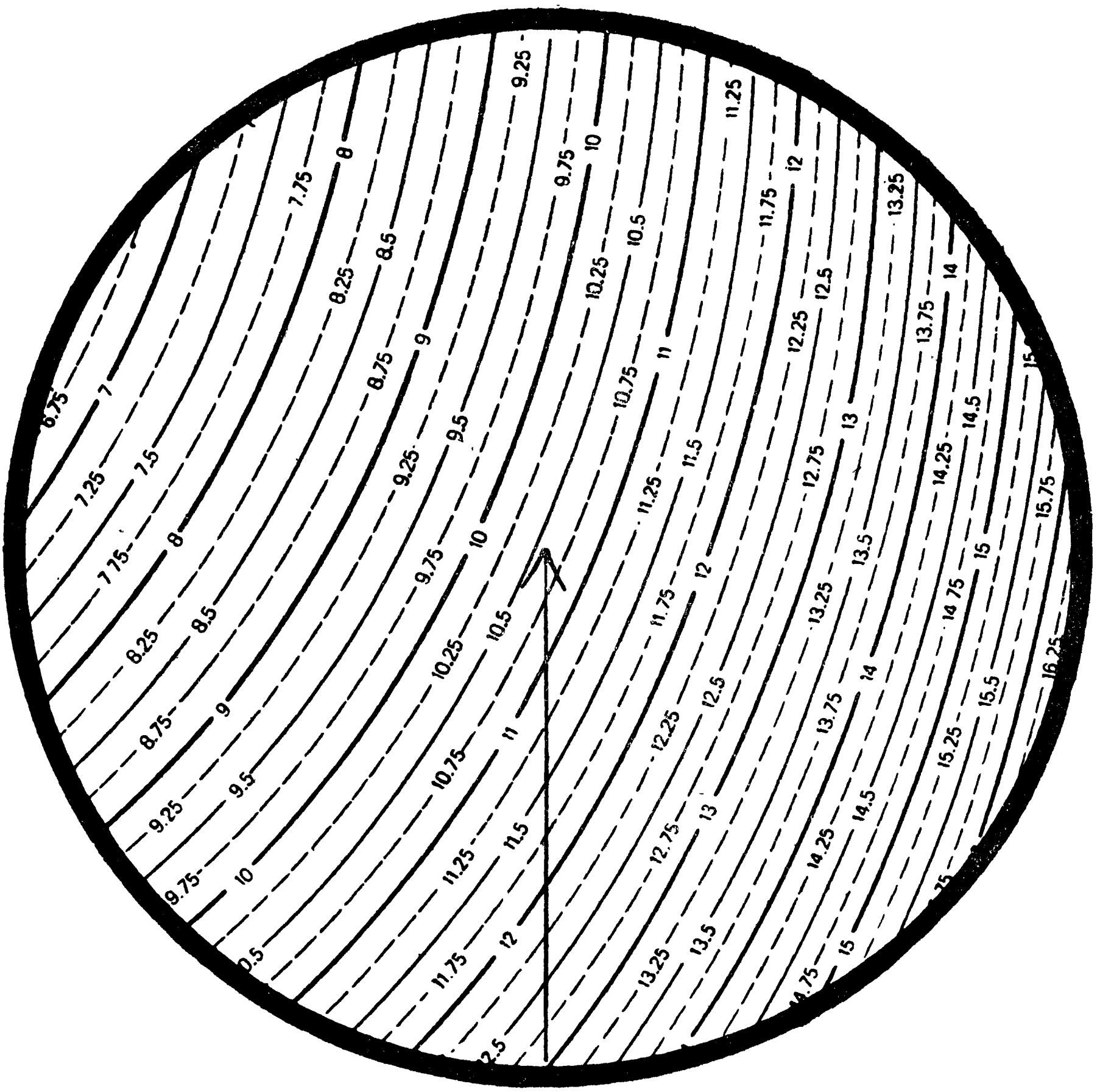


Рис. 103. Диск с кривыми высот цели логарифмического высотомера.

от вращения измерительного валика и по углу местности от вращения маховичка вертикального наведения, значению которых в каждый момент будут соответствовать определенные значения высот и горизонтальных дальностей:

Показания высотомера отсчитываются в специальном окуляре против острия неподвижной красной стрелки, но в окуляре будет виден лишь один из двух дисков, в зависимости от положения переводного рычажка, у которого имеются надписи „Высота цели“ и „Горизонтальная дальность“. Отсчеты углов местности делаются на специальном барабане у маховика вертикального наведения.

§ 43. ЧЕТЫРЕХМЕТРОВЫЙ СКЛАДНОЙ СТЕРЕОДАЛЬНОМЕР

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Четырехметровый стереодальномер облегченного веса сделан складным (самый дальномер—из трех частей, штатив — из двух), чтобы было удобно быстро переносить его с одного места на другое. Каждая из пяти частей укладывается в отдельный ящик, который легко переносится (2 концевые трубы укладываются в один ящик). Ввиду того что дальномер этот будет устанавливаться исключительно на земле, он имеет высотомер логарифмического типа (как было описано в предыдущем параграфе); такой высотомер более точен и значительно более удобен, но требует горизонтальной установки дальномера по уровню.

Внутренней абсолютной выверки этот дальномер не имеет, так как внутренняя абсолютная выверка сильно увеличивает диаметр наружной трубы дальномера и потому значительно увеличивает вес прибора, что для переносного дальномера весьма нежелательно, но для выверки его имеется внешний выверитель, так называемая выверочная рейка, которая укладывается в пятый ящик.

Для облегчения непрерывной наводки дальномера по быстродвижущимся аэроцелям вертикальная и горизонтальная наводки у него сделаны раздельно; каждый наводчик (вертикальный слева, горизонтальный справа) смотрит в свою бинокулярную визирную трубу.

Для дальномерщика имеется маховичок точной вертикальной наводки, которым он может пользоваться, когда захочет подправить наводку вертикального наводчика и поднять или опустить измерительную метку относительно цели, как ему это будет удобно для измерения.

Четвертый человек, обслуживающий этот дальномер, делает отсчеты измеренного расстояния и, когда требуется, смотрит в окуляр высотомера, делая отсчеты высоты цели и горизонтальной дальности.

2. ОПТИЧЕСКИЕ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ВЕСОВЫЕ ДАННЫЕ ДАЛЬНОМЕРА

Оптические данные

Увеличение дальномера	24 и 12
Поле зрения дальномера	1°30′ и 2°
Диаметр выходного зрачка	1,8 и 3,6 *мм*
Расстояние выходного зрачка от последней поверхности окуляра	22″
Светосила	3,24 и 12,96
Наклон оси окуляра и линии визирования	80°
Пределы диоптрийной наводки	±5*Д*
Пределы изменений расстояний между окулярами	от 74 до 56 *мм*
Светофильтры: два желто-зеленых различной плотности, оранжевый и рубиново-красный	

Конструктивные данные

Длина базы дальномера	4 *м*
Полная длина дальномера	4 290 *мм*

Пределы возможных измерений:

Дальность	от 11 до 250 кб. (от 2 000 до 45 000 *м*)
Высота	от 2 000 до 20 000 *м*
Горизонтальная (топографическая) дальность	от 2 000 до 20 000 *м*
Угол местности	от —20 до +90°
Азимут	не ограничен
Выверка по рейке с помощью выверочных (добавочных) линз; расстояние до рейки	75 *м*
Диаметр площадки, необходимой для работы с прибором	5 *м*
Число лиц обслуживающего персонала	4
Высота штатива от опорной поверхности до оси подцапфенных колец (оси дальномера)	от 1 200 до 1 400 *мм*

Перечень основных принадлежностей прибора:

Искатель монокулярный
Наблюдательные (визирные) бинокулярные трубы — 2 штуки
Штатив

Данные монокулярного искателя:

Увеличение	4
Поле зрения	12°
Диаметр выходного зрачка	4 *мм*
Расстояние от окуляра до выходного зрачка	24 „

Данные бинокулярных труб:

Увеличение	9
Поле зрения	3°10′
Диаметр выходного зрачка	4,5 *мм*
Расстояние от окуляра до выходного зрачка	24 „

Принадлежности освещения (батарея элементов, лампы, распределительная коробка):

Выверочная рейка	1 штука
Укладочные ящики	5 штук

Весовые данные дальномера

Вес дальномера	110 *кг*
„ штатива	153 „
„ выверочной рейки	60 „
„ средней части дальномера с ящиком № 1	155 „
„ концевых частей дальномера с ящиком № 2	157 „
„ основания штатива с ящиком № 3	153 „
„ консоли штатива с ящиком № 4	145 „
„ выверочной рейки с ящиком № 5	128 „

3. НАРУЖНОЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА (рис. 104, 105 и 106)

18 — защитные концевые кожухи; *1* — средняя труба дальномера; *2* — левая труба дальномера; *3* — правая труба дальномера; *17* — соедини-

тельные фланцы труб; *9* — бинокулярная труба для вертикального наводчика; *7* — маховик вертикального наведения (на барабане маховичка нанесены деления на одну тысячную дистанции); *23* — шкала отсчетов углов местности (деления сто тысячных дистанции); *8* — точная вертикальная наводка; *26* — выверочная шкала при согласовании; *25* — защитное кольцо, закрывающее валики выверок на согласование и по высоте; *12* — окуляры; *13* — измерительный валик; *14* — коробка высотомера; *15* — окошко дистанционной шкалы; *16* — окуляр высотомера; *10* — бинокулярная труба для горизонтального наводчика; *11* — визир для наземных целей; *29* — рычажки для включения добавочных линз при выверке по линейке; *30* — уравновешивающие грузы; *31* — 3 всасывающих и 3 нагнетательных клапана (по 2 на каждой трубе) для продувания.

Штатив

4 — колонка штатива с тремя откидными лапами; *5* — поворотный вертлюг с двумя подцапфенниками; *27* — болт, соединяющий вертлюг с поворотным штырем колонки; *28* — уровень; *19* — маховичок для отстопоривания

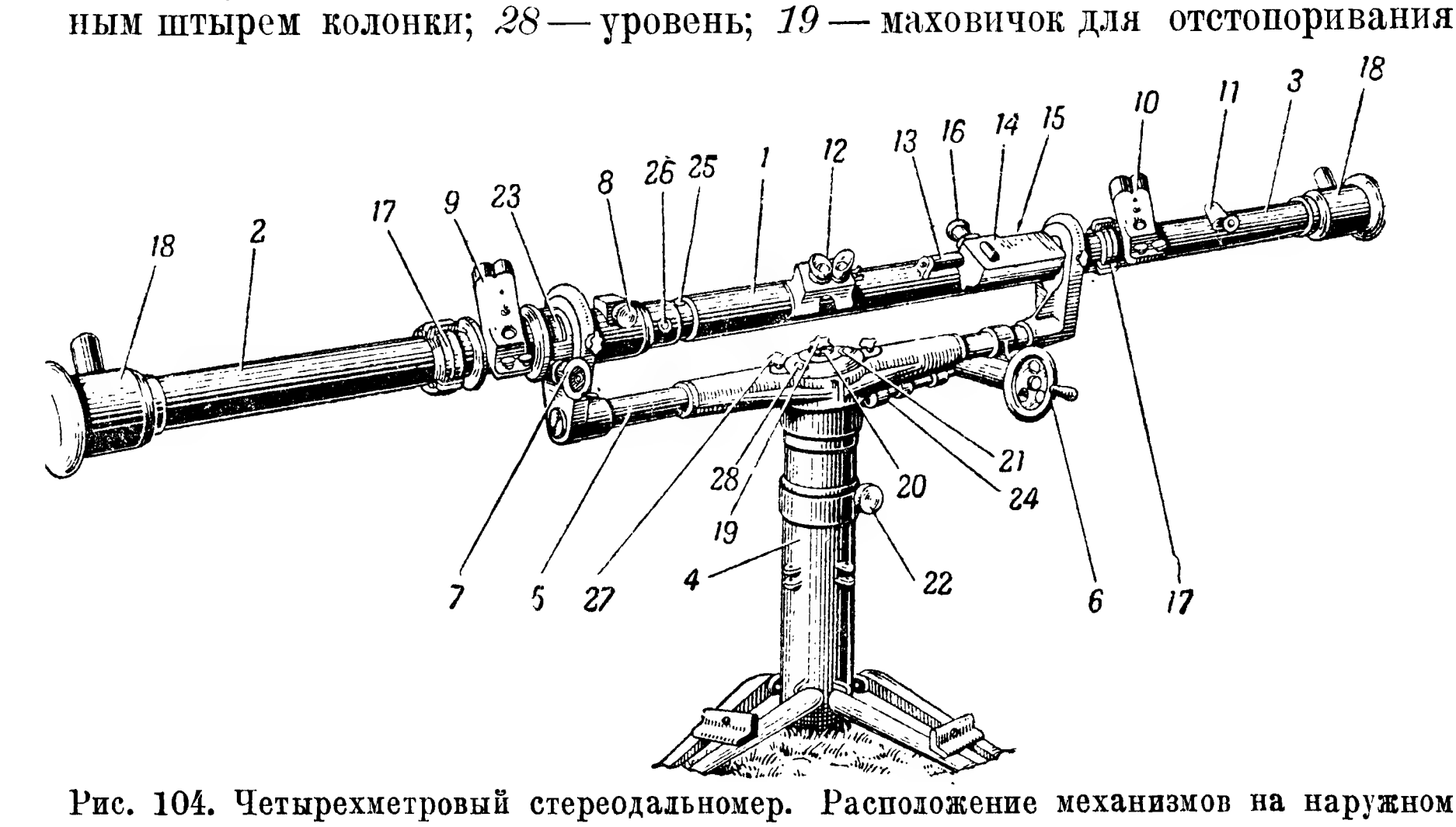


Рис. 104. Четырехметровый стереодальномер. Расположение механизмов на наружном корпусе.

червяка для поворота дальномера вручную; *22* — маховички для установки колонки вертикально (по уровню); *24* — лимб азимута ($^1/_{1000}$); *21* — установка лимба азимута; *20* — стопор лимба азимута; *6* — маховик горизонтального наведения.

4. ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ДАЛЬНОМЕРА

Дальномер состоит из трех колен (три отдельные разъединяющиеся трубы, имеющие по концам защитные стекла). В правой и левой трубах находятся только концевые отражатели и добавочные линзы для выверки по выверочной рейке. В средней трубе находятся все механизмы и вся главная оптика дальномера. Состоит она из наружного кожуха, на котором расположены окуляры, коробка высотомера, валики, маховички всех механизмов дальномера и так называемый телескоп, в котором установлена вся наиболее чувствительная оптика дальномера.

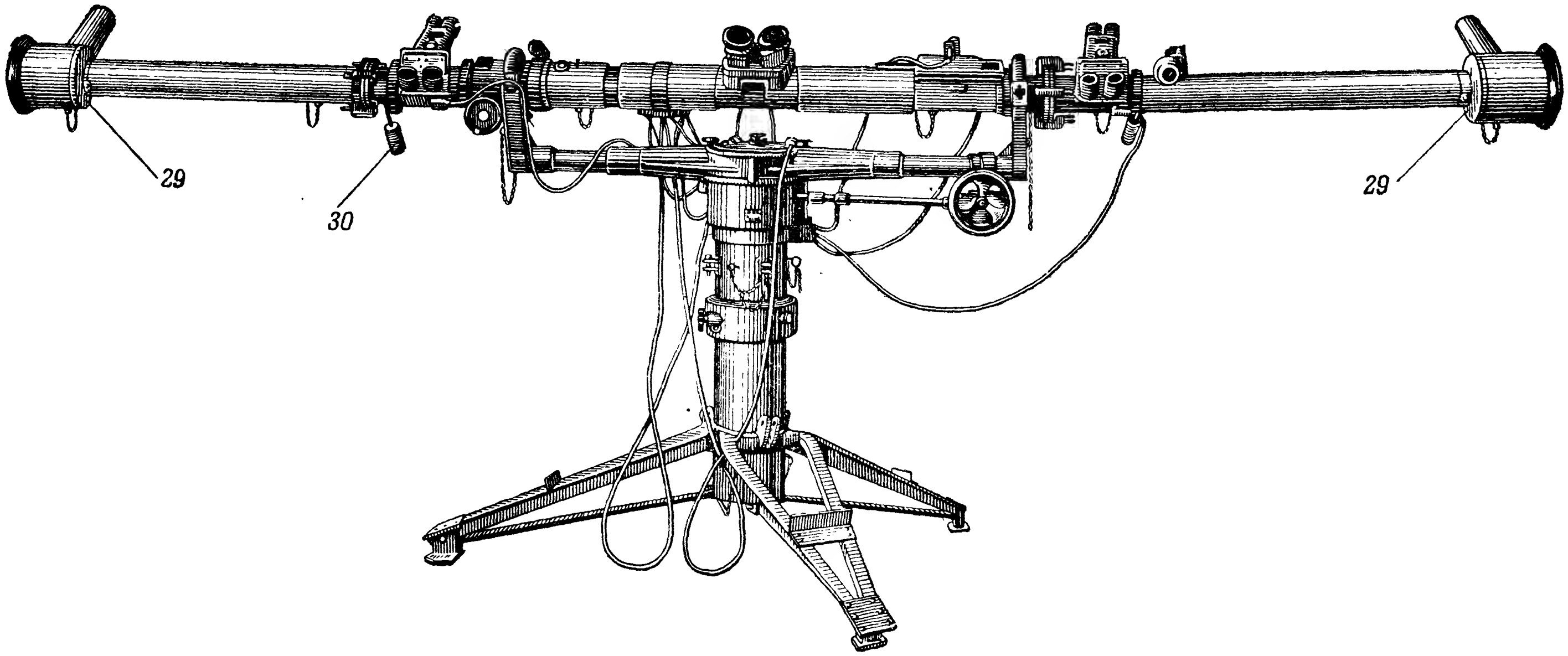


Рис. 105. Четырехметровый складной стереодальномер (вид со стороны окуляров).

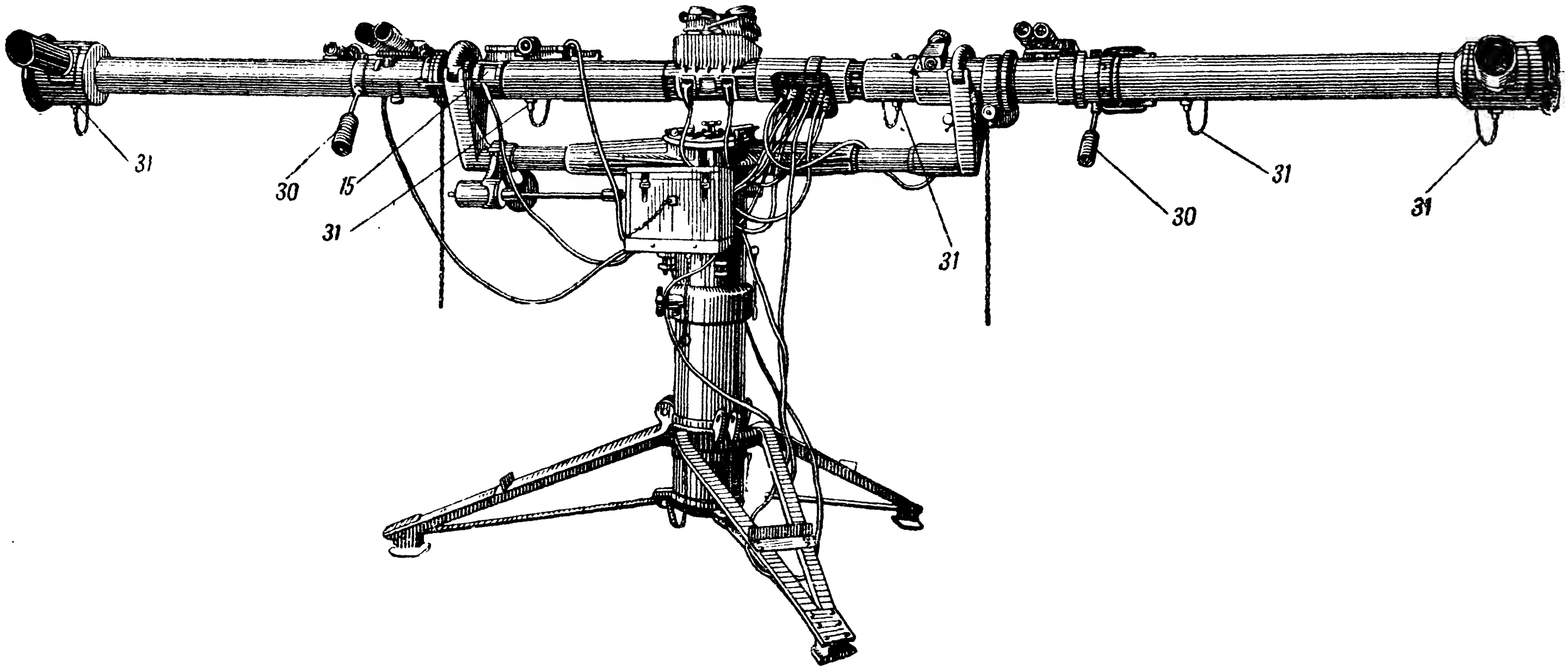


Рис. 106. Четырехметровый складной стереодальномер (вид со стороны концевых окон).

Телескоп представляет собой стальную трубу. Правым концом он подвешен кардановым кольцом к наружной трубе, а на левом имеет сферический поясок, входящий в кольцо механизма выверки по высоте.

Механизм выверки по высоте (рис. 107) приводится в действие вращением валика *1*, находящегося на наружной трубе под защитным кольцом. Выверка производится от качания телескопа на угол $\pm 10'$. От вращения валика *1* вращается винт *2* и двигает гайку *3*. Конец этой гайки *4* давит на язычок *5* кольца *6*. Телескоп своим сферическим

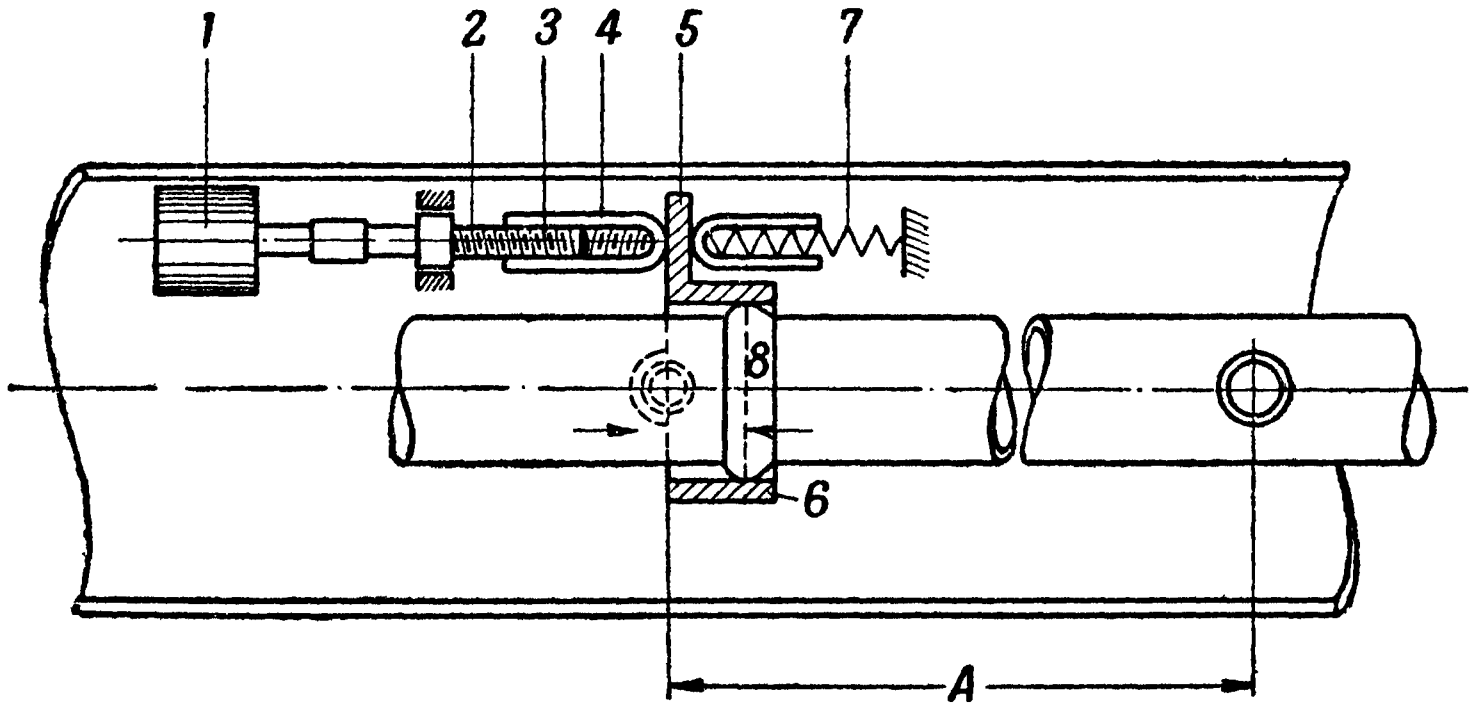


Рис. 107. Механическое приспособление для уничтожения ошибки по высоте.

выступом *8* лежит внутри кольца *6*. Вследствие эксцентриситета между центром поворота кольца *9* и центром сферического выступа *10* левый конец телескопа начнет подниматься, вращаясь около оси карданова подвеса с правой стороны.

Язычок *5* кольца *6* все время прижимается к гайке *3* пружиной *7*, и при вращении валика в обратную сторону гайка пойдет влево, а левый конец телескопа опустится.

Выверка на согласование производится при помощи вращения валика, находящегося под тем же защитным кольцом, что и валик выверки по высоте.

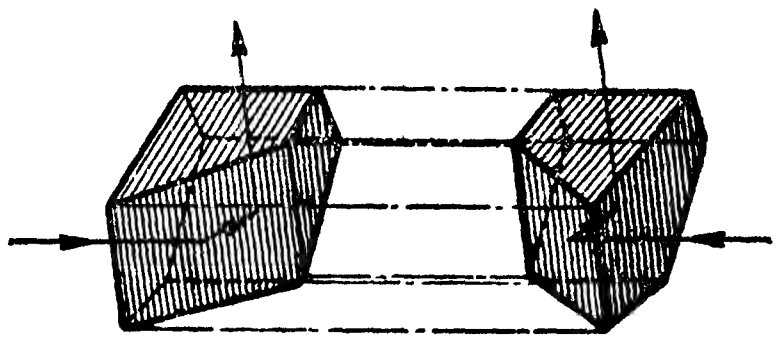


Рис. 108. Центральные призмы четырехметрового дальномера.

При повороте валика будет вращаться червяк, сцепляющийся с винтовым колесом, которое является оправой выверочного клина; следовательно, от вращения валика будет поворачиваться выверочный клин. На корпусе имеется неподвижный индекс, а на оправе клина — шкала. Шкала имеет 200 равномерных делений.

Оптическая схема дальномера изображена на черт. 7 приложения.

1 — защитные клинья; *2* — линзы, вводимые при выверке по рейке; *3* — концевые отражатели (пентогональные зеркала); *17* — защитные стекла концов разъединяемых труб; *4* — выверочный клин; *5* — ахроматические объективы; *6* — коллективы; *7* — пластинки с измерительными метками (фокальная плоскость объектива); *8* — стекла, служащие в качестве светопровода для освещения измерительных меток; *9* — центральные призмы, служащие для поворота лучей на 90° к наблюдателю и для

подъема их на 80° вверх от линии визирования (ход лучей показан на рис. 108; лучи, войдя в призму, первый раз отразятся от грани, поставленной под углом 45°, и повернутся в горизонтальной плоскости от наблюдателя; упадут на наклонную грань и отразятся от этой грани кверху так, что выйдут из призмы вверх под углом 80° к оси визирования); *10* — коллективы; *11* — неподвижная часть системы перемены увеличения; *12* — подвижная часть системы перемены увеличения; *13* — светофильтры; *14* — ромбические призмы для установки расстояния между зрачками наблюдателя; *15* — сложной окуляр.

В правой половине дальномера стекла те же, что и в левой, но вместо выверочного клина здесь стоит измерительный клин *16*, состоящий из

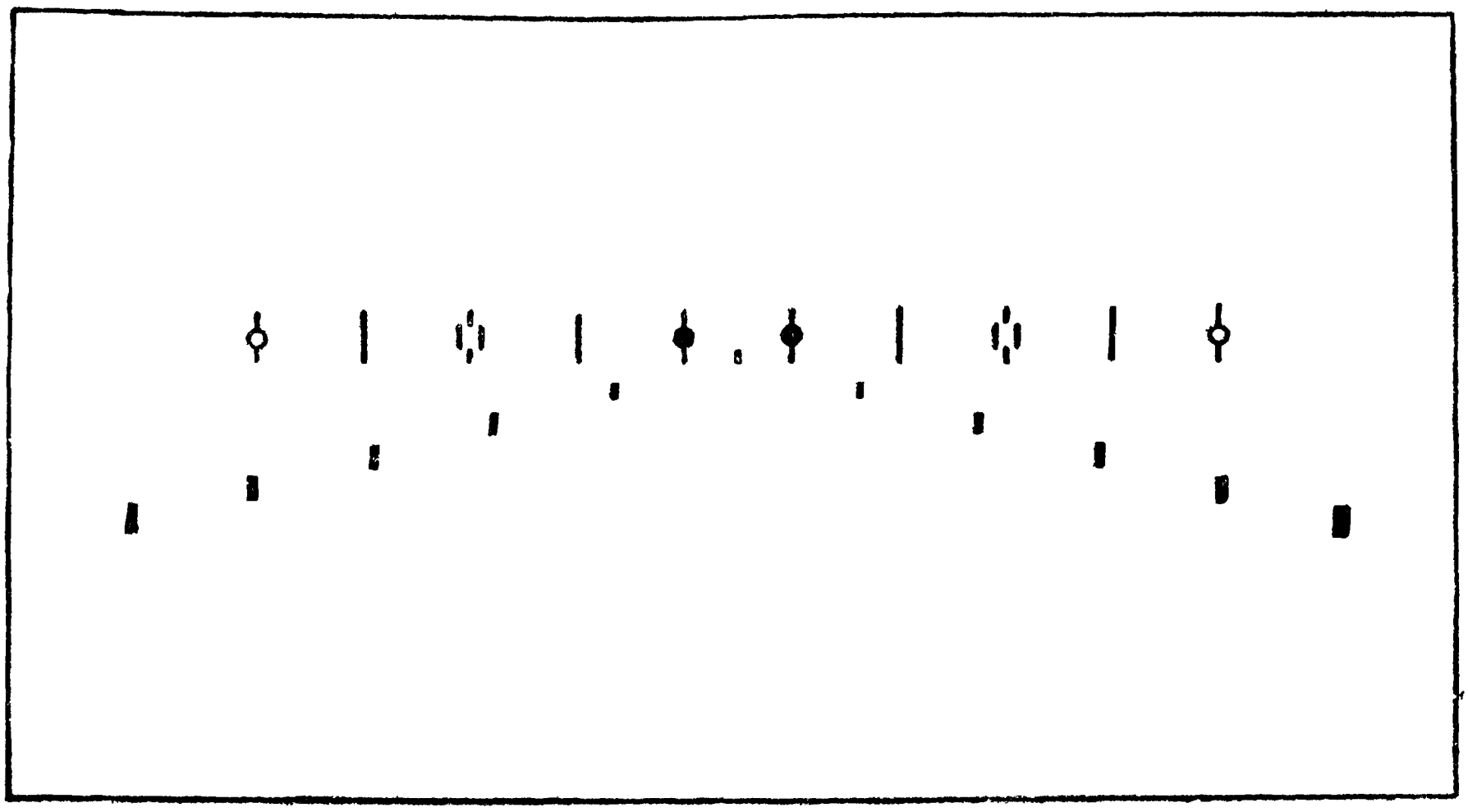


Рис. 109. Измерительная метка нового вида (забор).

двух одинаковых линз, вращающихся в разные стороны (так называемый компенсатор); вращение этих клиньев связано с вращением барабана, на котором нанесена дистанционная шкала.

Измерительные метки в этих дальномерах часто ставятся несколько другого рода: вместо ромбика с усами нанесен как бы забор (рис. 109), отдельные части которого будут казаться на одинаковом удалении; усы имеются только от забора к наблюдателю. Наличие ряда меток в виде забора понижает требование к точности горизонтальной наводки, так как нет необходимости обязательно пользоваться центральной меткой, а можно пользоваться любой из них.

5. УСТАНОВКА ДАЛЬНОМЕРА И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Работа по установке дальномера производится следующим порядком.

Раскрывают ящик № 3, вынимают из него колонку штатива, раздвигают ее лапы на требуемую величину и ставят на землю.

В случае необходимости, по указанию командира, лапы и нижняя часть колонки закапываются в землю.

Колонка проверяется по уровням *28* при помощи рукояток *22* (рис. 104).

Раскрывают ящик № 4, вынимают из него вертлюг *5* и надевают его на колонку так, чтобы паз вертлюга пришелся на шпонку, находящуюся на головке колонки. Вертлюг прикрепляется к колонке болтами, вращая последние за рукоятки *27*. Карданный валик вертлюга вставляют в гнездо червяка штатива и затягивают его гайкой.

Раскрывают ящик № 1, вынимают из него среднюю трубу *1*, кладут ее в подцапфенник вертлюга *5* (предварительно откинув затяжки), наблюдая за тем, чтобы шпонка правого подшипника вошла в соответствующий паз, а хвост левого подшипника стал между двумя установочными винтами левого подцапфенника. Крышки с концов трубы снимаются, и защитные стекла в случае необходимости протираются полотняным платком. Снимаются крышки с окуляра.

Открывают ящик № 2, вынимают из него концевые трубы *2* и *3*, снимают с них крышки, протирают защитные стекла, устанавливают на среднюю трубу *1* (установочные пальцы фланцев должны дойти до упора) и затягивают фланцы струбцинками при помощи специальных ключей, помещенных на торцах подцапфенных колец; снимают крышки защитных стекол концевых труб и надевают патрубки. На трубу крепятся грузила. Затем вынимают бинокуляры *9* и *10* и искатель *11* и ставят их на свои места. Бинокуляр горизонтального наводчика согласовывают с дальномером, дальномер устанавливают по горизонту, выверяют по высоте и по дальности. После этого дальномер готов к работе.

Установка дальномера по горизонту производится так: шкала углов местности ставится на 0, барабан шкалы ставится тоже на 0 и при помощи установочных винтов левого подцапфенника дальномер ставится горизонтально по уровню, находящемуся на трубе дальномера.

Согласование бинокуляра горизонтального наводчика с дальномером производится при помощи поворота головки винта, находящейся под площадкой бинокуляра спереди. Дальномер наводят на какую-либо удаленную цель и, поворачивая установочный винт, наводят на ту же цель бинокуляр. В нужном положении винт затягивается имеющимся сбоку тормозным винтом. После согласования механизм закрывают крышкой.

Установка дальномера по директриссе производится следующим порядком: отдают червяк горизонтальной наводки при помощи рукоятки *19*. Отдают лимб рукояткой *20*. Поворачивая маховик *6*, ставят барабан *24* на 0, поворачивают дальномер от руки и наводят на данный ориентир. Поворачивают лимб рукояткой *21* и ставят 0 лимба против индекса. Застопоривают лимб рукояткой *20* и механизм горизонтальной наводки рукояткой *19*.

6. ВЫВЕРКА ДАЛЬНОМЕРА

Выверка на согласование может быть произведена одним из трех нижеуказанных способов. Перед выверкой вращают наружное кольцо *25* до совпадения стрелки, имеющей надпись „выверка по дальности“, с индексом.

При таком положении будет открыт доступ к рукоятке валика выверки по дальности.

а) **Выверка дальномера по предмету на известном расстоянии.** Устанавливают измерительным валиком на дистанционной шкале точно

известное расстояние до данного предмета, наводят дальномер на предмет и вращением рукоятки валика выверки по дальности приводят в совмещение по дальности измерительные метки и изображение предмета. Замечают при этом положение шкалы выверки по дальности через окно *26* в левой части дальномера.

Повторяют выверку не менее пяти раз, замечая каждый раз положение выверочной шкалы. Затем устанавливают шкалу по вычисленной средней арифметической величине из всех показаний и поворачивают наружное кольцо в положение „закрыто“.

б) **Выверка дальномера по луне и звездам.** Выверка производится аналогичным вышеуказанным способом, только индекс дистанционной шкалы должен быть установлен против штриха со знаком ∞ (бесконечность).

В случае необходимости измерительные метки освещаются электрическими лампочками.

в) **Выверка дальномера при помощи выверочной рейки.** Выверочная рейка (или линейка) состоит из трех частей, соединяемых особыми замками. Каждая часть представляет собою железную балку

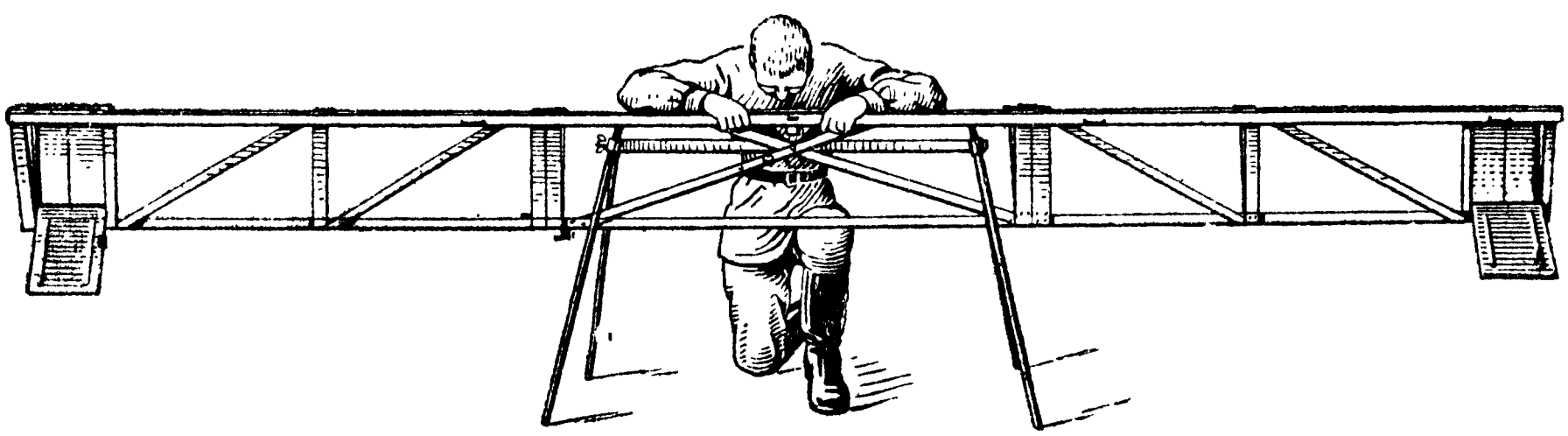


Рис. 110. Выверочная рейка четырехметрового стереодальномера.

треугольного сечения (рис. 110 и 111). В середине линейки имеются уровень и визир для правильной установки линейки относительно дальномера. Выверочные знаки имеют вид узких черных штрихов на белых широких полосах, нанесенных на щитках защитного цвета. Штрихи расположены асимметрично относительно белых полос. Такое расположение штрихов при рассматривании их в дальномер создает впечатление выноса штрихов перед белым фоном.

Выверочная линейка заменяет собою цель, находящуюся на бесконечном расстоянии. Выверку производят следующим образом.

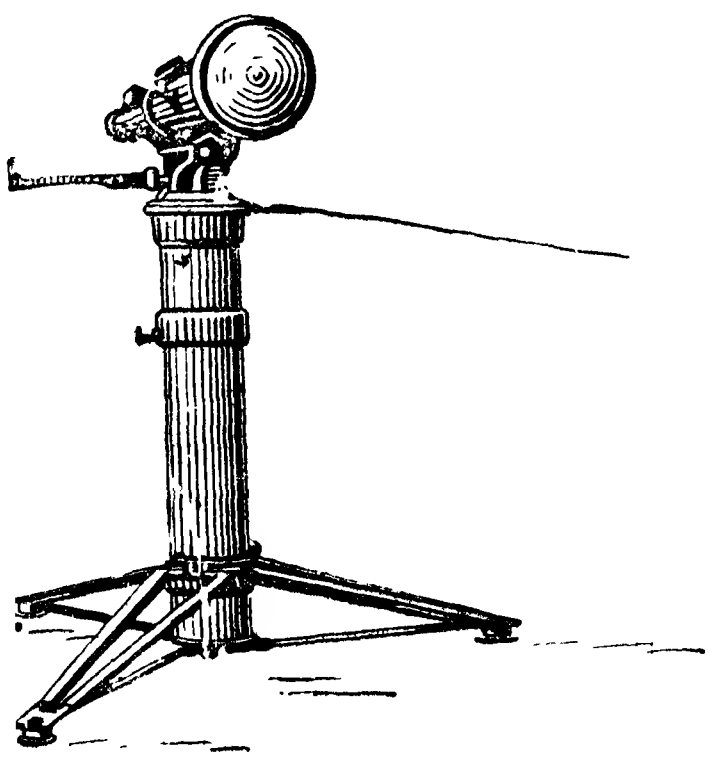
Дальномер устанавливают горизонтально. Рычажком *29* вводят добавочные линзы. Вынимают линейку из ящика, раздвигают ее ножки до упора и устанавливают на 75 *м* от дальномера, отмеряя расстояние рулеткой. Линейку ставят горизонтально и параллельно дальномеру при помощи искателя и уровня, установленных на линейке. При этом наводят штрих искателя на рейке на середину дальномера, наблюдая, чтобы штрих занял вертикальное положение. Затем дальномер наводят так, чтобы метки совпали с метками линейки (т. е., чтобы каждая метка коснулась своим краем линии на щитке линейки).

Вращая в ту или иную сторону измерительный валик, приводят в совпадение по дальности измерительные метки и метки линейки, от-

считывают каждый раз положение указателя относительно знака ∞ и устанавливают среднее арифметическое всех показаний (на барабане дистанционной шкалы около знака ∞ имеется по 10 делений по ту и другую сторону; цена одного деления равна одной теоретической ошибке). Затем шкалу выверки по дальности исправляют на эту величину.

Например, если среднее арифметическое показаний будет равно—5, а шкала выверки по дальности установлена на 96, то окончательная установка должна быть $96 + (-5) = 91$.

Выверка производится несколько раз, пока среднее арифметическое не совпадет со знаком ∞. По окончании выверки наружное кольцо вращают до положения „закрыто". Можно производить выверку по выверочной линейке в том же порядке, как и выверку по звезде, но только установив, как было указано, линейку.



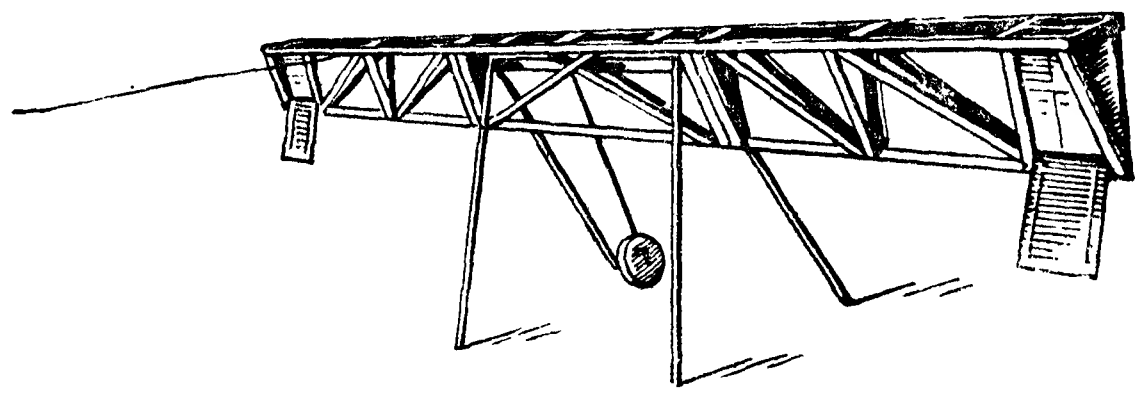


Рис. 111. Выверочная рейка четырехметрового стереодальномера.

1) Ввести в дальномер добавочные линзы для выверки по линейке (а затем поступать так же, как и при выверке по звезде).

2) Измерительным валиком установить на дистанционной шкале ∞.

3) Валиком выверки на согласование несколько раз совместить по дальности измерительную метку с чертой, записывая каждый раз отсчет на выверочной шкале.

4) Установить этим же валиком средний арифметический отсчет из всех наблюдений.

Для дальномеров, у которых на дистанционной шкале нанесены метры, рассчитана специальная таблица перевода метров в кабельтовы (см. переводную таблицу в конце книги.

Дальномер, выверенный для какой-либо одной дистанции, показывает все остальные правильно.

ОТДЕЛ III

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВСЕХ ДАЛЬНОМЕРОВ

§ 44. ДИСТАНЦИОННАЯ ШКАЛА И ЕЕ РАЗБИВКА

Для быстрого и точного отсчета расстояний шкала дальномера должна:

1) сразу же давать дистанцию до цели в кабельтовых (или в метрах), а не показывать величину углов δ у цели;

2) деления должны быть достаточно крупны.

Первое достигается тем, что по соответствующим формулам, решающим прямоугольный треугольник на местности по катету (база) и про-

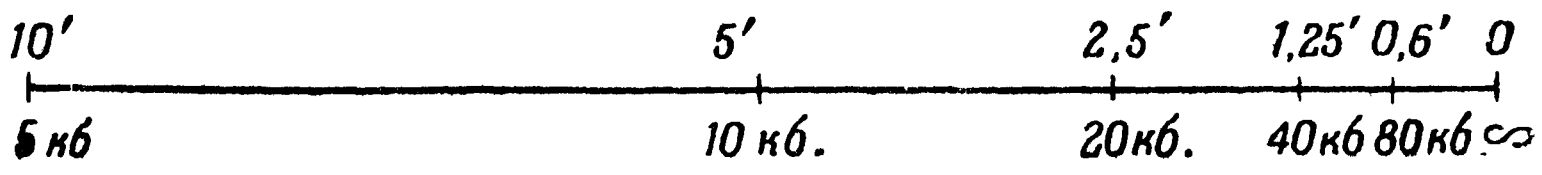


Рис. 112. Закон разбивки дистанционной шкалы дальномера.

тиволежащему ему углу, дистанционная шкала разбивается непосредственно в кабельтовых (или в метрах), причем передвижение ее связано с передвижением сводящего клина или вообще с той оптической системой, которая установлена в данном типе дальномера для измерения противолежащих баз углов.

Второе, т. е. достаточная величина делений шкалы, достигается тем, что клин ставится такой, чтобы перемещение его со шкалой было возможно больше, тогда шкала будет длиннее и разбивка делений на ней будет более крупная.

Длина шкалы в каждом дальномере, очевидно, должна быть равна длине хода клина. Каждой черточке, нанесенной на шкале, т. е. каждой дистанции, соответствует свой угол δ, поэтому, вычислив для каждой дистанции свой угол, нанесем на одном конце шкалы наименьшее расстояние, которое должен брать дальномер, а на другом — наибольшее (обыкновенно бесконечность), и поставим против них углы, которым эти дистанции соответствуют. Это будут крайние точки хода шкалы. Все расстояния между наименьшими и бесконечностью будут в промежутках между ними, причем, когда вычислим углы, то окажется, что расстоянию вдвое большему, чем наименьшее, будет соответствовать угол, вдвое меньший, расстоянию, в 4 раза большему,— угол в 4 раза меньший и т. д.

Отложим на шкале эти углы и, проставив против них цифры соответствующих расстояний, получим шкалу с постепенно уменьшающимися делениями, как видно из рис. 112.

Если для примера взять шкалу 9-футового дальномера, то у наименьшего расстояния, которое он берет в 5 кабельтовых, угол будет всего 10′.

У 10	кабальтовых	угол	5′	
„ 20	„	„	2′,5	
„ 40	„	„	1′,25	
„ 80	„	„	0′,6	и т. д.
„ ∞	„	„	0′	

Следовательно, если на одном конце шкалы поставить угол 10′ (для $Д = 5$ кб.), а на другом 0′ ($Д = \infty$), то угол в 5′ ($Д = 10$ кб.) будет посередине шкалы, угол $2^1/_2{}'$ ($Д = 20$ кб.) будет посередине между 0 и 5′ и т. д.

§ 45. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ ДАЛЬНОМЕРА

Точностью дальномера называют величину ошибки, с которой он измеряет расстояние. Если, например, на точно известном расстоянии в 100 кб. дальномер показал 102, то ошибка этого измерения, или его точность, равна 2 кб.

Общая величина ошибки дальномера (как вообще у всякого прибора) складывается из ошибок постоянных и случайных.

Постоянные ошибки дальномера происходят от расстройства дальномера вследствие тряски, нагревания и т. п., что вызывает в нем так называемые погрешности. Эти погрешности должны быть обязательно обнаружены и уничтожены перед началом измерения расстояний, для чего каждый раз сначала обязательно должна производиться выверка дальномера соответствующими приспособлениями.

Итак, постоянные ошибки дальномера при правильном обращении с ним должны быть уничтожены.

Остаются, значит, случайные ошибки, т. е. такие, которые нельзя заранее учесть и которые зависят от несовершенства работы или глаза самого наблюдателя.

В противоположность постоянным ошибкам дальномера, случайные ошибки совершенно уничтожены быть не могут, но все-таки могут быть уменьшены до известного предела путем большого числа наблюдений.

Величина случайной ошибки, получаемая при измерении дальномером расстояния, т. е. теоретическая точность дальномера, зависит (как известно из теории) от следующих четырех факторов:

1) увеличения дальномера ($У$);
2) длины базы дальномера ($Б$);
3) расстояния до цели ($Д$);
4) ошибки, с которой дальномерщик совмещает изображения предмета a'', зависящей от разрешающей силы глаза наблюдателя.

Разберем влияние каждого из этих факторов.

1. Влияние увеличения дальномера $У$. При совмещении между собою двух линий, при пользовании зрительной трубой с увеличением $У$ очевидно, что ошибка будет меньше, чем при совмещении невооруженным глазом. Таким образом, выходит, что чем больше увеличение дальномера, тем меньше ошибка в совмещении, а значит, и в измерении расстояния.

2. Влияние длины базы дальномера и расстояния теоретически можно вывести следующее:

а) чем длиннее дальномер (т. е. чем больше его база $Б$), тем ошибки будут меньше;

б) с увеличением дистанции *Д* ошибка возрастет скорее (т. е. гораздо больше), чем возросла дистанция. Например, если первоначальная дистанция увеличилась в 2 раза, то ошибка на этой новой дистанции будет больше в 4 раза.

3. Влияние ошибки дальномерщика. Чем больше ошибка зрения дальномерщика *a*, тем, естественно, больше ошибка наблюдения.

От таких величин зависит теоретическая точность дальномеров. На основании только что изложенного можно сказать, что ошибка при измерении дистанции будет:

а) прямо пропорциональна ошибке *a* в измеряемом угле и квадрату расстояния *Д*;

б) обратно пропорциональна базе дальномера *Б* и его увеличению *У*.

Из этого соотношения, в которое входят 4 величины (*a*, *Д*, *Б* и *У*), видно, что единственными мерами для увеличения точности показаний оптического дальномера на данную дистанцию *Д* являются:

а) увеличение базы *Б* и усиление увеличения *У*;

б) уменьшение ошибки *a*.

Если обозначим ошибку дальномера через $\Delta Д$, то из всего вышесказанного можно написать формулу:

$$\Delta Д = \frac{Д^2 \cdot a''}{У \cdot Б \cdot К},$$

где *К* — коэфициент, зависящий от выбора единиц (если дистанцию и ошибку в дистанции хотим выражать в кабельтовых, базу дальномера в метрах и ошибку в угле *a* в секундах, то $К = 1128$).

Влияние величины базы и ее пределы. Увеличение длины базы и увеличение дальномера практически полезны только до некоторых пределов. Так, например, опыт показал, что для корабельных дальномеров (подверженных вибрации и изгибу вследствие вибрации корпуса от действия машин) величина наибольшей допустимой базы — около 8 *м*. Если же, например, поставить существующий тип десятиметрового берегового дальномера на корабль, то практически он даст ту же точность, что и восьмиметровый, ибо прогибы его трубы от вибрации будут влиять на его точность.

Влияние увеличения и его пределы. Явление, подобное только что указанному, имеет место и в увеличении. Увеличение *У* не может быть повышено свыше известного предела (около 30-кратного), ибо иначе от атмосферных влияний или в корабельных условиях (от тепловых потоков воздуха) получается колеблющееся и неясное изображение. Кроме того, при большом увеличении (свыше 30-кратного) становятся резко заметными неизбежные при изготовлении и сборке дальномера небольшие неисправности оптической части.

Цифровые данные испытания дальномеров при различных их увеличениях (например, 14- и 28-кратном) несомненно показывают, что часто при малом увеличении получаются даже более точные результаты, чем при большом. Происходит это от того, что точность совмещения двух линий зависит не только от увеличения прибора, но и от светосилы (ясности видения через него). Светосила же прибора обратна его увеличению. Поэтому все мировые оптические фирмы и остановились в конце концов на одних и тех же пределах, а именно: Цейсс, Барр и Струд —

на 14- и 28-кратном увеличении; Герц — на 15- и 30-кратном. При этом ими даются два увеличения, чтобы в зависимости от условий наблюдения можно было применять то, которое наиболее удобно.

Влияние ошибки дальномерщика. Точность измерения дистанции в корабельных условиях зависит только от самого дальномерщика, т. е. от величины a'' делаемой им ошибки (ибо база дальномера и его увеличение остаются постоянными, а дистанцию необходимо измерять различную).

Вследствие особенностей устройства и действия глаза человека наименьшая величина угловой ошибки при сведении невооруженным глазом двух параллельных линий составляет 10″ при благоприятных условиях и у наблюдателя, имеющего большую остроту зрения. При неблагоприятных же условиях (т. е. при не резко видимом предмете, торопливости и пр.) она возрастет в два-три раза и составляет уже 20—30″.

Таблица

теоретических ошибок дальномеров при увеличении 28, считая разделительную способность глаза в 10″

База дальномера / Дистанция в кб.	2 *м*	3 *м*	4 *м*	5 *м*	6 *м*	8 *м*
10	0,016	0,01	0,008	0,006	0,005	0,004
20	0,063	0,04	0,032	0,026	0,021	0,016
30	0,142	0,09	0,071	0,05	0,045	0,036
40	0,253	0,17	0,13	0,1	0,085	0,06
50	0,395	0,26	0,20	0,16	0,13	0,10
60	0,570	0,38	0,28	0,22	0,19	0,14
70	0,775	0,51	0,39	0,31	0,25	0,19
80	1,013	0,67	0,51	0,40	0,33	0,25
90	1,283	0,85	0,64	0,51	0,43	0,32
100	1,583	1,00	0,79	0,63	0,50	0,40
110	1,915	1,28	0,96	0,76	0,64	0,48
120	2,28	1,52	1,14	0,91	0,76	0,57
130	2,68	1,78	1,34	1,07	0,89	0,67
140	3,10	2,07	1,55	1,24	1,03	0,77
150	3,56	2,37	1,78	1,42	1,18	0,89
160	4,05	2,70	2,03	1,62	1,35	1,01
170	4,57	3,05	2,28	1,83	1 53	1,14
180	5,13	3,42	2,57	2,05	1,71	1,28
190	5,72	3,81	2,86	2,28	1,91	1,43
200	6,33	4,22	3,17	2,53	2,11	1,58
210	6,98	4,65	3,49	2,79	2,33	1,75
220	7,66	5,11	3,83	3,06	2,55	1,92
230	8,37	5,58	4,18	3,35	2,79	2,09
240	9,12	6,08	4,56	3,65	3 04	2,28
250	9,89	6,60	4,95	3,96	3,30	2,48

Теоретическая точность дальномера. Для возможности суждения о точности различных типов дальномеров разными фирмами в их рекламных каталогах приводятся таблицы ошибок дальномеров на разных дистанциях, вычисленные по формуле, в которой ошибка в измеряемом

угле принимается равной 10″. Точность показаний дальномера, вычисленная при этих условиях, называется теоретической, ибо она достижима только при наличии всех благоприятных условий, т. е. в лабораторной обстановке. Данные испытаний дальномеров при их приемке на заводе с несомненностью показывают, что эта точность может быть практически получена при всех благоприятных условиях, т. е., например, при отличных дальномерщиках, при выверке на коллиматоре (а не по расстоянию до удаленного предмета), отсутствии тряски и качки дальномера и т. д.

Величины этих теоретических ошибок для дальномеров различных баз на разных дистанциях приведены в виде таблицы на стр. 117.

Практическая точность дальномера. Поскольку условия корабельной службы отличаются от всех благоприятных условий, естественно, что и получаемые ошибки значительно больше теоретических.

Считают, что в корабельной обстановке, т. е. в неблагоприятных условиях, величина практической (действительной) ошибки дальномера может достигать величины трех теоретических ошибок, причем главную роль играет степень обученности дальномерщика, но это—максимальная практическая ошибка, которую можно допустить в корабельных условиях; в действительности же 50% отдельных показаний дальномерщика дают ошибку, равную $^1/_4$ от максимальной практической ошибки, т. е. это будет так называемая срединная (вероятная) ошибка.

§ 46. ПРАВИЛА РАБОТЫ НА ДАЛЬНОМЕРАХ

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ДАЛЬНОМЕРА К ИЗМЕРЕНИЮ РАССТОЯНИЙ

Прежде чем начать пользоваться дальномером, необходимо выполнить следующее:

а) Снять предохранительные крышки с окуляров и с концевых окошек трубы и вставить патрубки для продуваемого воздуха в концевые окошки. Присоединить шланг для продуваемого воздуха. Установить искатель, прицельную трубу и высотомер в соответствующих гнездах на дальномере.

Снять предохранительную крышку с высотомера и в случае надобности насадить колпак с освещением для работы ночью.

б) У тех дальномеров, где сидение поднимается, нужно вращением его установить на нужную для данного дальномерщика высоту. У тех дальномеров, где сидение дальномерщика уравновешивается пружиной, нужно вращением маховичка растянуть пружину так, чтобы дальномерщик немного перевешивал ее. У тех дальномеров, где сидения нет вовсе, нужно вращением подъемного маховичка тумбы поднять вертлюг с дальномером на должную высоту по росту дальномерщика

в) Установить окуляры на ясность зрения. Установку окуляров на ясность зрения надо производить с большой тщательностью, ибо недостаточно резкое изображение цели служит причиной ошибочных измерений расстояний.

Для установки окуляров на резкость изображения надо налобник откинуть назад, после чего установочные кольца окуляров становятся доступными.

Установку на резкость изображения производить для каждого глаза отдельно. Во время установки глаза должны наблюдать вполне непринужденно, как при обыкновенном наблюдении вдаль. Такое неутомляющее и ненапряженное состояние глаза вернее всего получается при вращении окуляра по направлению от „минуса“ на „плюс“. Ввиду этого, начинают установку каждого окуляра с предельного положения „минус“ и вращают окуляры по направлению на „плюс“ до тех пор, пока не получится наиболее резкое изображение измерительной метки и цели (само собою разумеется, что установку левого окуляра надо производить, наблюдая левым глазом, а правого окуляра, — наблюдая правым глазом).

Соответствующую правильной установке диоптрию прочитать на диоптрийной шкале и запомнить ее для будущих установок. Нормальные глаза требуют установки окуляров на 0 диоптрийной шкалы.

г) Установить окуляры на расстояние между глазами. Установка производится только у стереодальномеров; она должна быть произведена очень точно, так как неправильная установка расстояния между глазами будет мешать хорошей стереоскопичности местности и измерительной метки, т. е. не даст возможности увидеть глубину местности и рельефа измерительной метки. Точно установить тогда измерительную метку в одном удалении с какой-нибудь точкой на местности будет очень трудно, и мы получим ошибку в дистанции. Каждый дальномерщик должен знать свое расстояние между глазами и точно его устанавливать на миллиметровой шкале.

Если глазное расстояние неизвестно, то наводить дальномер лучше всего на небо; двигая затем рычажком, передвигают окуляры до тех пор, пока видимые отдельно круги полей зрения каждого окуляра не совместятся в один круг.

Предварительно надо пригнать налобник по форме лица дальномерщика, пользуясь имеющимся на задней стороне налобника установочным винтом.

д) Выверить дальномер. Порядок производства выверки указан для каждого типа дальномера особо.

2. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ

а) Нахождение цели в искателе. Найти цель сразу в дальномер довольно трудно, так как поле зрения дальномера очень мало. У каждого дальномера поэтому имеется еще дополнительная оптическая система с малым увеличением, но зато с большим полем зрения. Дальномерщик вначале должен смотреть в искатель и привести цель в середину небольшого круга, начерченного в поле зрения искателя (величина этого круга соответствует полю зрения дальномера). Предмет, видимый в середине круга искателя, будет виден в дальномере с большим увеличением.

У других типов дальномеров искатель — совершенно отдельная труба, в которую смотрит другой наводчик (второй номер), вращая дальномер маховичками вертикального и горизонтального наведения. Нужно также привести цель в середину круга искателя.

б) Измерение расстояний днем. Увидев цель в дальномере, для измерения расстояний нужно:

1) вращать измерительный валик (или маховичок), пока верхняя половина изображения предмета не будет точно совмещена с нижней (в типе „совмещение“) или пока измерительная метка не будет казаться точно на одном удалении с целью (в стереодальномерах); при этом измерительную метку надо ставить над предметом так, чтобы нижний угол ромбика почти касался предмета; при измерении расстояний до аэроцелей можно ставить измерительную метку или сверху цели, или под ней; пользоваться надлежит лишь самым ромбиком измерительной метки; вспомогательные штрихи, расположенные крестообразно по обе стороны ромбика, служат лишь для усиления стереоскопического эффекта, а не для измерения;

2) после измерения расстояния произвести отсчет на шкале против неподвижного индекса.

в) Измерение расстояний ночью. Для измерения расстояний ночью нужно подвести ток от аккумулятора для освещения шкалы дистанций, так как иначе на неосвещенной шкале нельзя будет произвести отсчета измеренного расстояния. Если у дальномера имеется внутренняя шкала, по которой отсчеты читает сам дальномерщик, то проводка проходит через кнопочный выключатель, чтобы лампочка зажигалась только на момент отсчета при нажатии кнопки и не слепила бы все время дальномерщика во время измерения расстояния.

У стереодальномеров ток от аккумулятора должен быть подведен еще и к лампочке для освещения измерительной метки. Яркость освещения метки должна регулироваться реостатом. Особенно важно подогнать освещенность измерительной метки, чтобы она соответствовала освещенности цели и ни в коем случае не была ярче цели.

У дальномеров типа „совмещение“ для измерения расстояний до отдаленного огня или при выверке по звезде надлежит вводить астигматор (преобразователь), который вытягивает светящуюся точку в светящуюся линию, так как иначе разрезать светящуюся точку пополам и свести две половины в одну будет очень затруднительно.

г) Пользование цветными стеклами. У каждого дальномера имеются темные или полуматовые стекла (так называемые „противопрожекторные“), которые надлежит ставить, когда приходится наблюдать ослепляющие цели, например, при выверке по солнцу или при измерении расстояний до неприятеля, который ослепляет нас прожектором, и т. п.

Кроме того, все стереодальномеры имеют еще несколько светлых цветных стекол (светофильтров). Включение их производится отдельным рычажком. Светофильтр желто-зеленого цвета предназначается при измерении расстояний в тумане. Остальные надлежит подбирать при необходимости усиления контрастности предметов относительно фона, на котором они видны.

д) Измерение дистанций с противогазом. При измерениях с противогазом откинуть влево и вправо верхние подушечки налобника. При откинутых подушечках свободен доступ к опорной рамке из резины, к которой прикладываются очки противогаза.

Для измерения расстояний в противогазе снять раковину с окуляра искателя, а окулярную раковину прицельной трубы отодвинуть назад вместе с ее держателем.

§ 47. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ ДАЛЬНОМЕРЩИКОВ

Для испытания стереодальномерщиков лучше всего пользоваться обыкновенным стереоскопом, в который вставлена испытательная таблица доктора Пульфриха (рис. 113). Она представляет собой стереоскопические фотографии десяти отдельных фигур, т. е. фигуры эти нанесены так, что правые фигуры относительно своих левых будут смещены на различные величины, и потому, смотря на них в стереоскоп, когда они наложатся одна на другую, мы будем их видеть в различном удалении. Этим рисунком можно пользоваться для определения остроты стереоскопического зрения человека; с этой целью у каждого силуэта нанесены 4 значка — крест, штрих, шар и треугольник; один из них лежит в плоскости фигуры, а остальные — впереди или позади. При определении остроты стереоскопического зрения наблюдатель должен прежде всего сказать, какие силуэты находятся ближе и какие ему кажутся дальше, а затем уже указать положение отдельных значков относительно плоскости силуэта в каждой фигуре.

Порядок глубины фигур в пространстве, а также расположение значков на отдельных фигурах указаны в нижеприведенной таблице.

Первыми номерами отмечены значки и фигуры, наиболее удаленные от наблюдателя. Значки с номером 2 находятся в одной плоскости с соответствующим силуэтом. Значки с номером 3 находятся впереди плоскости силуэта. Прямоугольная рама находится впереди и является как бы окном, через которое видны лежащие позади фигуры.

№ фигур	Порядок глубины	Значки			
		крест	штрих	шар	треугольник
1	6	1	1	3	2
2	4	2	1	3	3
3	5	3	2	1	3
4	3	3	1	2	2
5	3	2	3	3	1
6	2	3	3	2	3
7	5	1	1	3	2
8	2	2	1	3	1
9	7	3	3	2	1
10	1	1	3	1	2

Самой легкой фигурой для определения удаления значка относительно нее является 10-я, немного труднее — 9-я и т. д.; самая трудная будет 1-я, т. е. у фигуры 10-й значки сильно удалены от фигуры, у 9-й — меньше, у 8-й — еще меньше и т. д. Таким образом, у 1-й фигуры значки настолько мало удалены от нее, что уже очень трудно различить удаление значка от фигуры.

При испытании дальномерщиков надо давать вначале более легкие фигуры, а постепенно более трудные. Стереодальномерщики могут быть лишь те, кто может различить значки на 1-й и 2-й фигурах без ошибки.

Для тренировки дальномерщиков можно пользоваться стереоскопическим прибором Цейсса.

Прибор этот состоит из кожуха *1* (рис. 114 и 115) с измерительным винтом *2*, барабана с делениями *3*, стержня *4*, по которому передвигается втулка *7* кронштейна окуляров с миллиметровой шкалой *8* для установки окуляров на разнос глаз, окошек *5* и *6* для освещения изображения и окуляров *9* и *10*.

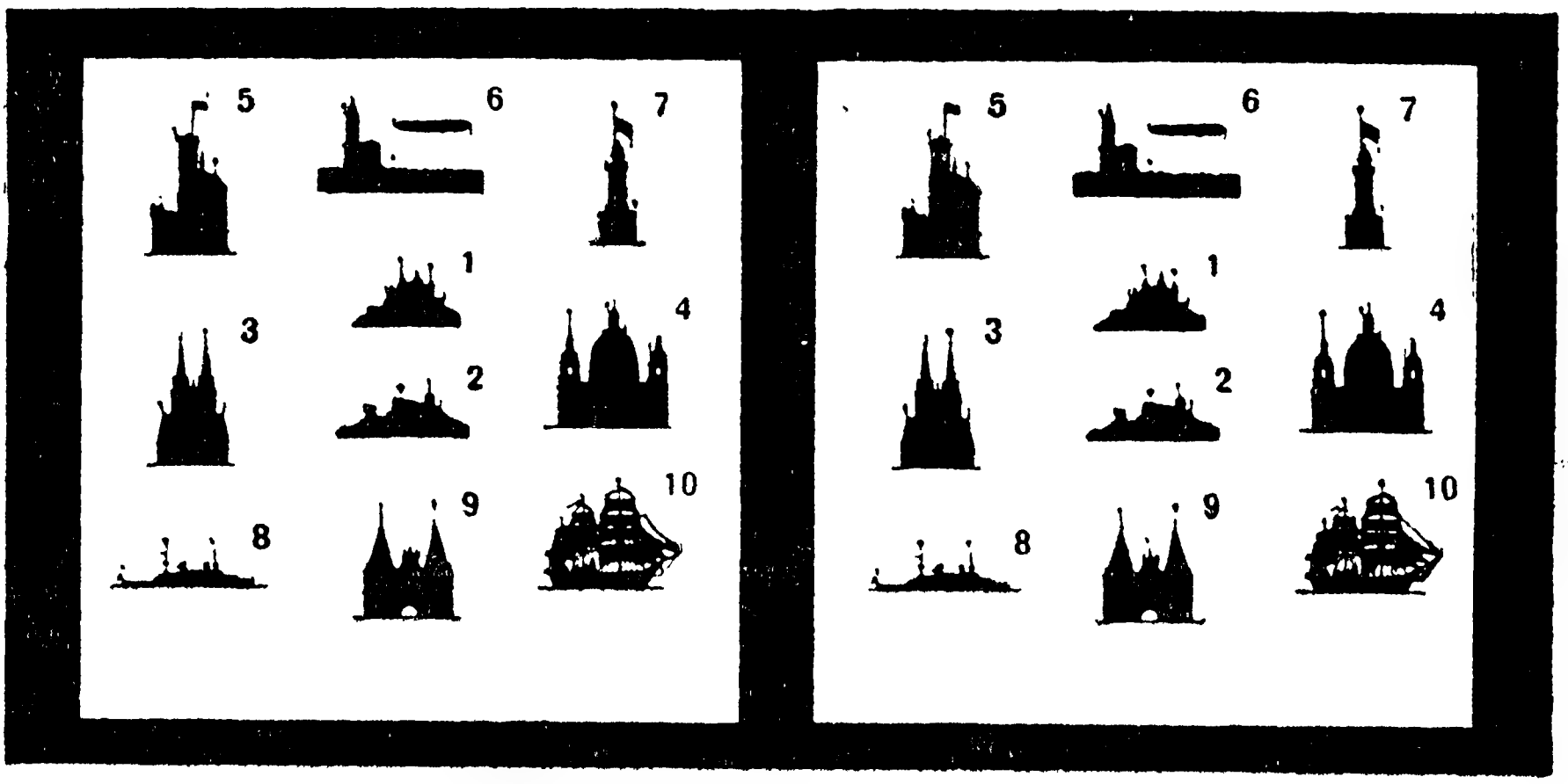


Рис. 113. Стереоскопическая таблица доктора Пульфриха.

При рассматривании в окуляры, установленные на свой разнос глаз и остроту зрения, наблюдатель увидит корабль и находящуюся над ним измерительную метку (рис. 116).

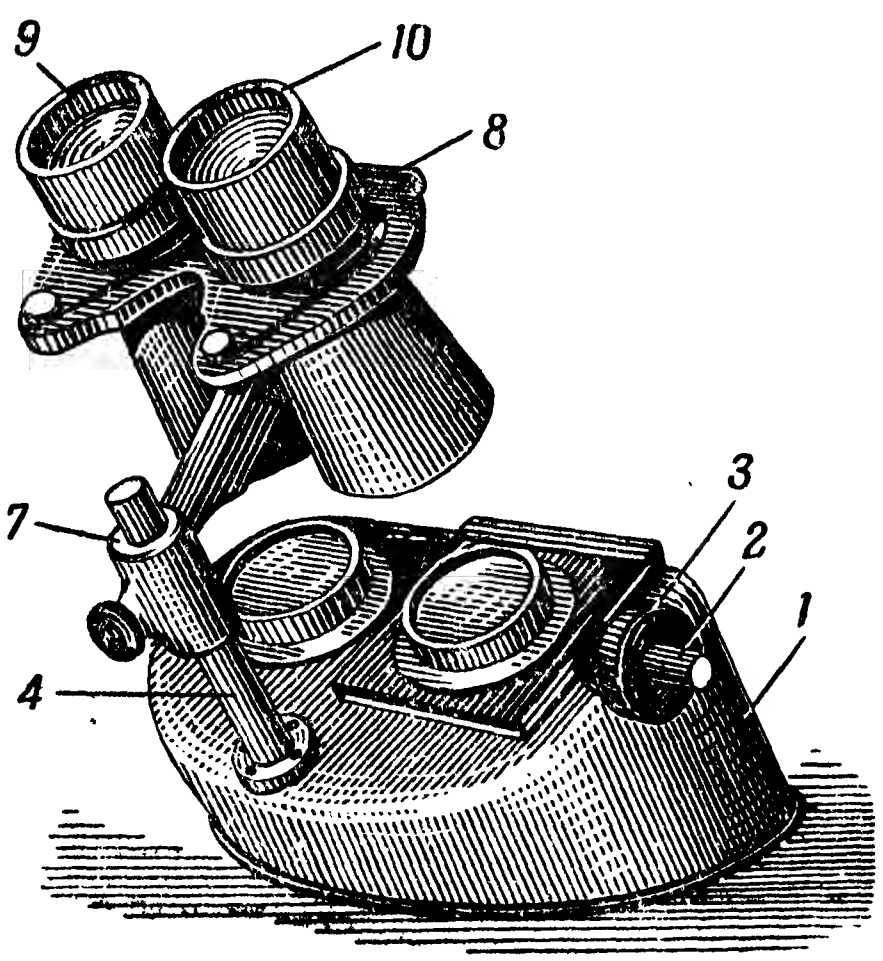


Рис. 114. Прибор для испытания и обучения стереодальномерщиков.

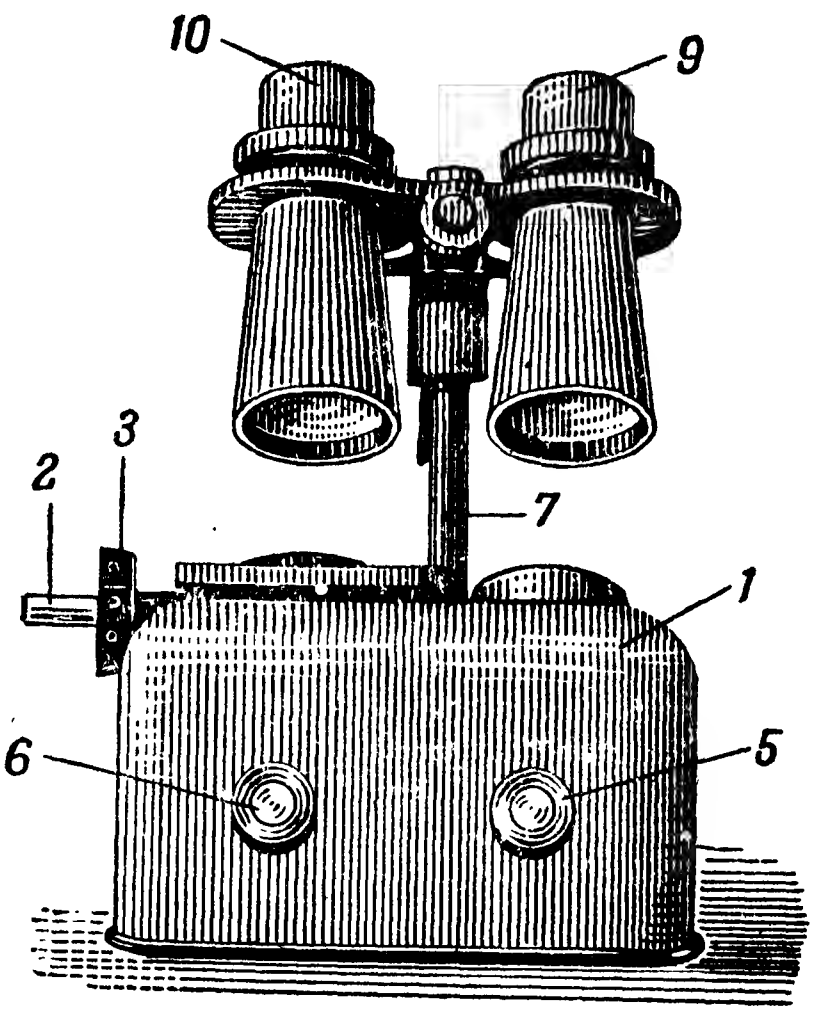


Рис. 115. Прибор для испытания и обучения стереодальномерщиков.

При вращении измерительного винта *2* осуществляется кажущееся сближение или удаление измерительной метки относительно неподвижного корабля.

Пространственное передвижение в глубину измерительной метки может быть отсчитано в делениях на барабане *3*. Каждое деление барабана

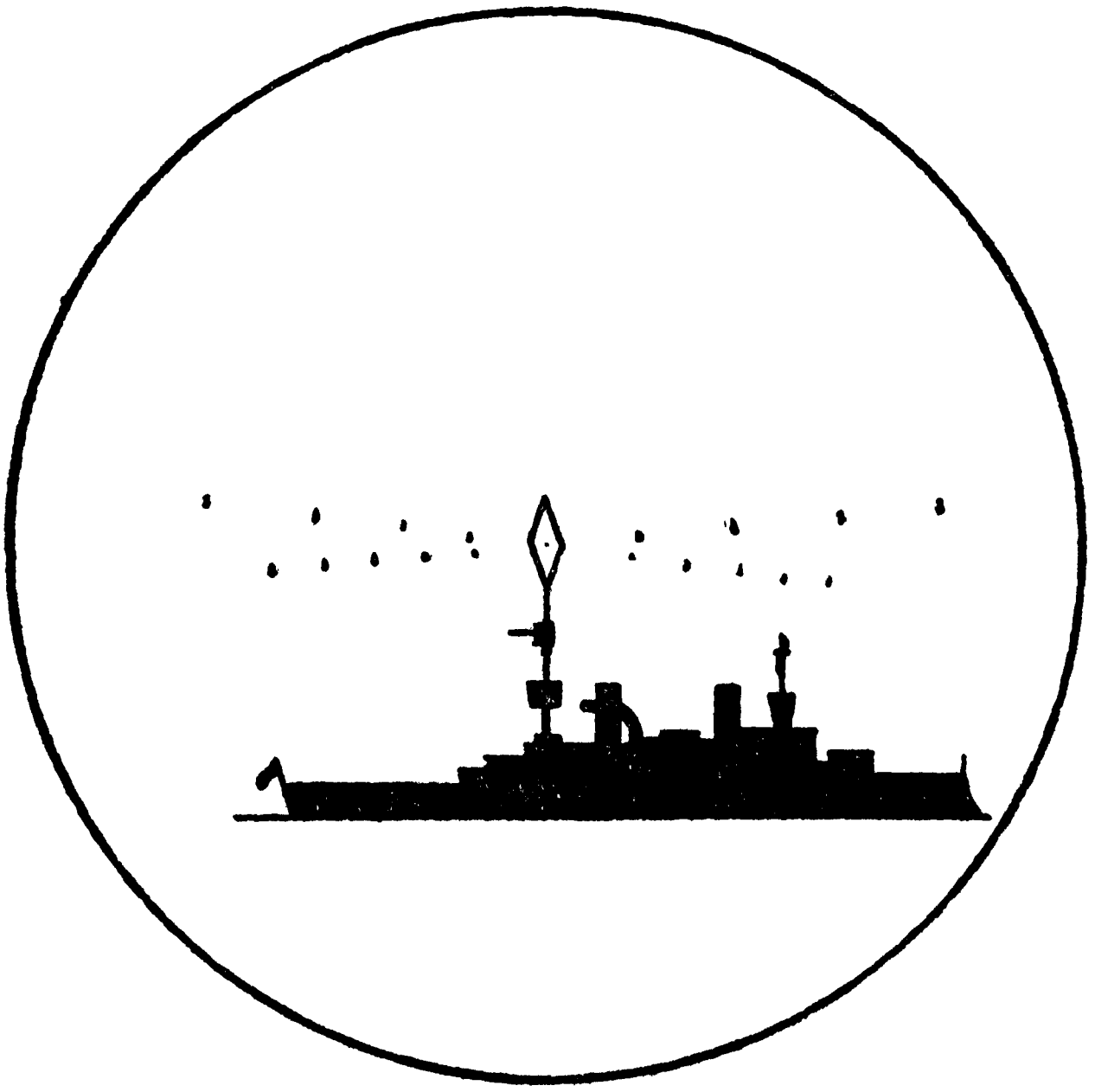


Рис. 116. Вид установки измерительной марки в испытательном приборе и в стереодальномере.

соответствует так называемой теоретической ошибке. Это есть вычисленный по формуле предел точности, когда берут в основу стереоскопичность зрения в 10″.

Стереоскопический прибор этот позволяет подбирать людей, наиболее пригодных для работы на стереодальномере.

§ 48. НАСТАВЛЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАНЯТИЙ НА ПРИБОРЕ И ПО РАБОТЕ НА ДАЛЬНОМЕРЕ

1. ЗАНЯТИЯ НА ПРИБОРЕ

(обучение стереодальномерщиков)

1. Прибор устанавливается окулярами труб кверху на столе, причем два световых окошка обращены к свету.

2. Дальномерщику необходимо прежде всего подогнать окуляры труб на ясность изображения, для чего трубы надо передвигать вдоль наклонного штыря, освободив предварительно зажимной винт. Когда ясность

видимых в окуляре знаков будет наилучшая, закрепить трубы в найденном положении зажимным винтом.

3. Надо точно установить разнос глаз, для чего, вращая кольца с насечкой, имеющиеся на окулярах, подыскать такое положение труб, при котором достигается наибольший эффект стереоскопичности. Найденный разнос глаз прочесть на шкале и запомнить это число для себя.

4. Когда указания пп. 2 и 3 будут точно выполнены, приступить к совмещению в одну плоскость измерительной метки с нанесенной в приборе целью (корабль, самолет), для чего вращать барабанчик с делениями, пока метка и цель не будут казаться в одном удалении.

5. Основным положением считается то, когда измерительная метка и цель находятся точно в одной плоскости, что соответствует установке барабанчика делением 30 против указателя.

Примечание. В случае, если правильное совмещение метки с целью не соответствует среднему делению 30, прибор нужно отрегулировать в оптической мастерской.

6. При обучении и испытании стереоскопичности руководитель дает испытуемому освоиться с основным положением метки и цели. Для этого необходимо вращать барабанчик в пределах 5—55; при этом вращении наблюдающий за целью в трубу видит, как цель приближается или удаляется относительно метки.

7. Упражнения на приборе разделяются на 3 вида:

1-е упражнение: без ограничения времени, с указанием вслух дальномерщику его установки;

2-е упражнение: без ограничения времени, без указания установки;

3-е упражнение: с ограничением времени, без указания установок.

Порядок проведения 1-го упражнения следующий:

а) после того как дальномерщик по указаниям п. 6 освоится с основным положением цели, устанавливают барабан на среднее деление, причем дальномерщик в это время должен наблюдать цель;

б) затем сбивают установку, и дальномерщик должен вращением барабана вновь совместить в одну плоскость изображение цели и метки; когда он это сделает, записывают деления барабана, установившиеся против указателя, и говорят дальномерщику его установку; так повторяют 10 раз, записывая все установки дальномерщика.

Порядок проведения 2-го упражнения — тот же, но дальномерщику не говорят его установки.

При проведении 3-го упражнения вводится элемент времени на каждую установку, а именно: в начале упражнения на каждую установку дается 10 секунд, а по мере тренировки время постепенно сокращается до 5 секунд.

8. Параллельно с производством работы производится и оценка ее. Для суждения о степени стереоскопичности зрения дальномерщика и правильности определения дистанции вводятся требования, чтобы установка дальномерщика не выходила за пределы двух делений в каждую сторону от основного положения 30.

По мере приобретения навыка и тренировки в работе на приборе эти пределы постепенно сокращаются до одного деления в каждую сторону от основного положения.

2. ОБУЧЕНИЕ ДАЛЬНОМЕРЩИКОВ НА ДАЛЬНОМЕРЕ „СОВМЕЩЕНИЕ“

На дальномере типа „совмещение“ вначале обучение лучше производить по внутреннему выверителю самого дальномера. Упражнения эти надо разделить на три вида:

1) упражнение без ограничения времени с указанием дальномерщику вслух его отсчета;

2) упражнение без ограничения времения без указания отсчета вслух;

3) упражнение с ограничением времени без указания дальномерщику вслух его отсчета.

Порядок проведения 1-го упражнения должен быть такой же, как было описано при выборе и испытании стереодальномерщика, причем 1-е упражнение нужно продолжать до тех пор, пока отсчеты не будут отличаться от среднего не более чем на 5 делений.

2-е упражнение нужно проводить, как и первое, но только требовать подведения линии один раз с одной стороны, а другой раз — с другой, причем отсчеты только записываются, а дальномерщику не говорятся. Продолжать это упражнение нужно до тех пор, пока отсчеты не будут отличаться от среднего не более чем на 2 деления.

3-е упражнение проводится, как и второе, но при проведении его вводится ограничение времени, а именно: вначале дается на каждую установку 10 секунд, по мере тренировки время постепенно сокращается до 5 секунд.

3. ЗАНЯТИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ДИСТАНЦИЙ

Кроме вышеуказанных занятий с дальномерщиками обоих типов дальномеров, нужно производить работы на дальномерах по измерению расстояний до предметов на местности, причем вначале надо выбирать предметы на близких дистанциях с резко очерченными контурами, видимые на фоне неба, так как до таких предметов измерять расстояние легче всего, затем давать предметы все более и более удаленные, потом давать предметы, видимые на фоне моря, и, наконец, самое трудное — это давать предметы, видимые на фоне берега.

Как правило, надо приучить дальномерщика перед всякой работой обязательно производить выверку дальномера по внутреннему выверителю, и если нужно, то и выверку по высоте.

Занятия надо производить вначале только на якоре при неподвижной цели и всегда до каждого объекта брать по 20 отсчетов, причем их также надо разделять на 3 вида упражнений, как было описано выше.

4. ОЦЕНКА РАБОТЫ ДАЛЬНОМЕРЩИКА

Оценка обученности дальномерщика производится баллом:

$$Б = \frac{К}{А\ \text{срединная}},$$

где $К$ — теоретическая ошибка;

$А$ — срединная практическая ошибка (полученная дальномерщиком).

Для получения $К$ нужно взять из таблиц теоретических ошибок ошибку для данной дистанции и данной базы.

Для получения A надо сделать следующее:
1) взять 20 измерений;
2) вычислить среднее арифметическое $Д_0$;
3) взять разность между средним и каждым измеренным $Д$;
4) расположить разности по абсолютным убывающим величинам;
5) среднее между 10 и 11 в ряду принять за срединную ошибку.

5. ЗАНЯТИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВИР

После того как будет пройден 1-й вид упражнений измерений дистанций на якоре по неподвижной цели, можно параллельно начать тренировку измерения расстояний на якоре по движущейся цели, причем критерием правильности измерения расстояний может служить только знание ВИР цели, и тогда, сравнивая этот ВИР с вычисленным по показаниям дальномера, можно судить о работе дальномерщика. Если брать в продолжение 1 минуты через 15 секунд дистанции до движущейся цели (ВИР которой нам известен), то этот ВИР не должен отличаться от ВИРа, полученного по этим пяти измерениям дальномерщика, больше чем на половину теоретической ошибки на этой дистанции. Если же брать дистанции через 15 секунд в продолжение двух или более минут, то ВИР, вычисленный по этим дистанциям, не должен вовсе отличаться от известного нам ВИРа цели. Когда добьемся от дальномерщика таких результатов, то нужно перейти к измерению расстояний по движущейся цели с идущего корабля, причем нужно добиваться получения от дальномерщика тех же результатов, как и с неподвижного корабля.

Практика обучения дальномерщиков показывает, что измерение расстояний с корабля, идущего на постоянном $К \cdot У$ в тихую погоду без тряски, нисколько не труднее измерения расстояний с неподвижного основания, поэтому, когда дальномерщики только освоятся с измерением расстояний с идущего корабля по движущейся цели, надо сразу переходить к измерению во время тряски корабля, а также во время качки, причем надо добиваться получения вычисленного ВИРа по измерениям дальномерщика (через 15 секунд в продолжение 2 минут), не отличающегося от истинного известного нам ВИРа (цели и своего корабля). Конечно, вначале надо упражнения производить при малой тряске и небольшой качке и постепенно переходить к более сильной тряске или качке, не превышая, конечно, условий, при которых будет действовать артиллерия корабля.

§ 49. УХОД ЗА ДАЛЬНОМЕРОМ И ЕГО СБЕРЕЖЕНИЕ

Дальномер, как и всякий оптический прибор, требует чрезвычайно умелого, бережного и осторожного обращения с ним.

1. Ни в коем случае и ни для каких целей не следует разбирать дальномер на корабле. Лучше примириться с наличием незначительного загрязнения оптических стекол, чем разбирать дальномер для чистки или для легкого ремонта, который, как кажется, может быть произведен собственными силами. Следует предоставить все это исключительно специальной мастерской, помня, что сборка дальномера требует точной

юстировки, которая никогда не может быть выполнена в корабельной обстановке и без специальных приборов и опытных мастеров.

2. На корабле или на батарее у каждого дальномера должен быть свой хозяин, который ежедневно обязан приводить дальномер в порядок снаружи, причем необходимо строго руководствоваться следующими указаниями:

а) раньше всего хорошенько обтереть весь прибор ветошью, не касаясь ею никаких стекол дальномера;

б) очистить затем наружные полированные части куском замши, которой опять-таки ни в коем случае не дотрагиваться до стекол;

в) смахнуть со стекол кисточкой пыль, после чего осторожно протереть все наружные стекла мягким полотняным или батистовым платком; платки эти не должны быть применяемы для других целей и всегда должны быть безусловно чистыми; следует обращать внимание на частую стирку их; они должны так храниться, чтобы на них не попадали пыль, частицы угля из дымовых труб, а также и всякие жировые вещества; кисточки должны быть из мягкого волоса, абсолютно сухие и не жирные; вытирание стекол следует производить кругообразными, но не прямолинейными движениями, стряхивая каждый раз тряпочку, чтобы не поцарапать стекол оставшимися случайно песчинками.

3. По окончании работы на дальномере нужно:

а) зажать тумбу дальномера тормозным рычагом;

б) вывести, если были введены, астигматор или цветные стекла;

в) зажать стопорный винтик предохранительного колпачка или кольца, закрывающего выверочные приспособления, так как доступ к ним должен быть всегда закрыт и открываться только перед началом выверки;

г) снять патрубки с концевых окошек, отсоединить шланги от продувания;

д) концевые окошки и окуляры прикрыть своими специальными защитными покрышками;

е) выключить ток и отсоединить кабель от дальномера;

ж) убрать всю принадлежность.

4. Дальномер не следует постоянно ставить и снимать с тумбы и вкладывать его в ящик. В случае дождя или при погрузке угля или когда несет дым, следует закрывать его непромокаемым чехлом, причем после снятия чехла не надо забывать протереть дальномер, как было указано в п. 2.

Рекомендуется надевать на дальномер на ночь чехол, но надо смотреть, чтобы чехол был совершенно сухой.

Когда солнце сильно нагревает прибор, его обязательно следует накрывать чехлом, причем желательно иметь для этой цели специально „солнечный“ — белый парусиновый чехол.

5. В случае, если дальномер не будет нужен в течение продолжительного времени (например, во время зимовки корабля), его следует уложить в ящик, следя за правильным положением в нем, и надежно укрепить его там (ясно, что укладываемый в ящик дальномер должен быть совершенно сухим). Ящик должен быть перенесен в защищенное от непогоды место. При переноске и укладке дальномера необходимо соблюдать величайшую осторожность, не подвергая его ни

малейшим толчкам и ударам. Работа эта в обязательном порядке должна производиться под наблюдением командиров, так как в это время дальномер легче всего может получить повреждение. Все это относится и к выниманию дальномера из ящика и установке его на тумбу. При этом должно быть достаточное число людей, чтобы дальномер был легко вынут из ящика и положен на подшипники тумбы. Наметки подшипников должны быть сейчас же закрыты и стопорные болты задвинуты.

6. Проверку правильности показаний дальномера нужно производить ежедневно, пользуясь для этого удобным для данного момента случаем, и если окажется нужным, то сразу же производить выверку дальномера, выбирая способ выверки, как было описано выше.

После каждой переноски или после вынимания дальномера из ящика нужно обязательно производить полную выверку его, так как дальномер почти всегда окажется рассогласованным.

Кроме того, вообще каждый дальномерщик перед началом своей работы должен выверить дальномер для себя.

7. При переноске дальномера из одного помещения в другое, где температура воздуха будет сильно отличаться, рекомендуется не приступать к работе ранее $^1/_4$—$^1/_2$ часа.

8. При запотевании внутренних оптических частей прибора необходимо произвести просушку его специальной машинкой (строго выполняя инструкцию обращения с этой машинкой). Во избежание запотеваний и при быстрых охлаждениях прибора рекомендуется также периодически производить осушку прибора.

§ 50. ПРИБОР ЦЕЙССА ДЛЯ ОСУШКИ ДАЛЬНОМЕРОВ

Прибор служит для поглощения влажности внутри дальномеров, т. е. для уничтожения запотевания внутренних стекол дальномера.

Осушка производится тем, что от вращения мотора начнет действовать насос, который будет всасывать из дальномера влажный воздух, прогонит его через сосуды с хлористым кальцием (химическое вещество, жадно поглощающее влагу) и осушенный таким образом воздух вгонит обратно в дальномер. Такая циркуляция воздуха будет продолжаться до тех пор, пока хлористый кальций не поглотит всю влагу из воздуха, находящегося в дальномере.

На рис. 117 дан наружный вид прибора.

Шланги *1* (всасывающий) и *2* (нагнетательный) соединяются с дальномером. При вращении мотора *11* начнет действовать всасывающий насос *7* и воздух из дальномера пойдет по шлангу *1* через запорный кран *3* по трубке *4* в гигрометр *5*, из него по трубе *6* в насос *7*. Нагнетаемый воздух из насоса по трубке *8* войдет в нижнюю коробку *9*, в ее первое отделение, так называемую камеру отстоя масла; здесь, ударяясь о перегородку, масло отделится от воздуха и стечет вниз, а воздух войдет в отделение с хлористым кальцием (6 стаканов, через которые воздух должен будет пройти по очереди одни сверху вниз, другие — снизу вверх и т. д.), после чего он пройдет через последнее отделение—фильтр со стеклянной ватой—и по трубке с запорным краном *10* по шлангу *2* войдет в дальномер.

Мотор может действовать как от переменного тока, так и от постоянного (переключатель *12*), напряжения 110 *в* или 220 *в* (переключатель *13*). Так как мотор вращается с довольно большой скоростью — до 3 000 оборотов в минуту, то для постоянной смазки имеется масленка *14* с краном ее *15*, которым можно регулировать приток масла. Излишки масла будут стекать в камеру отстоя масла, откуда оно может

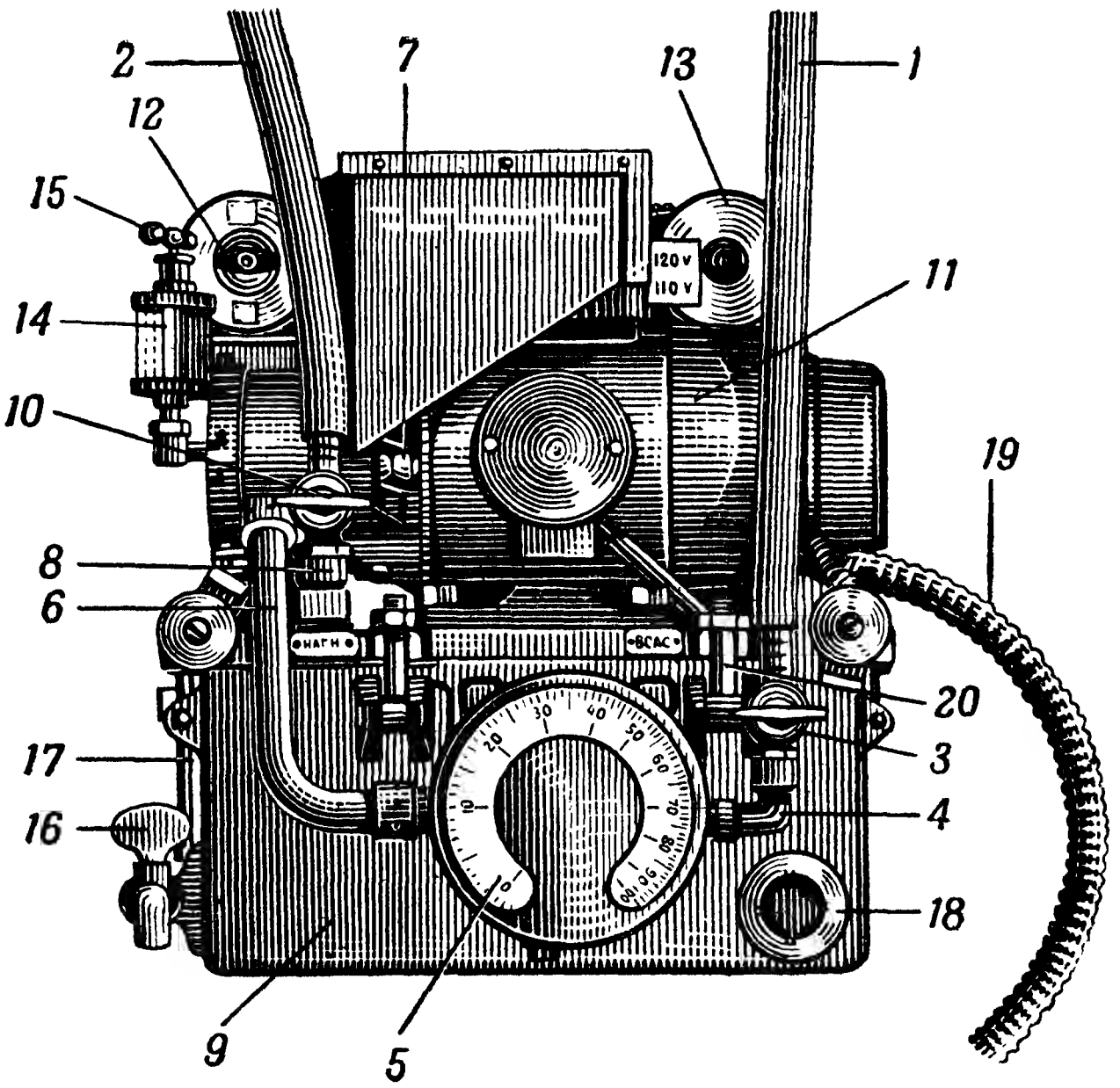


Рис. 117. Прибор Цейсса для осушки дальномеров.

быть выпущено через кран *16*; о количестве набравшегося масла можно судить по контрольному стеклу *17* (вроде водомерного стекла в котлах). Через окно *18* виден хлористый кальций. Ток подается к мотору через провод в гибком шланге *19* с вилкой, которая вставляется в штепсель электрической цепи. Вся нижняя коробка закрывается крышкой (на которой стоит мотор); герметичность достигается зажатием резиновой прокладки при помощи откидных болтов *20*.

На рис. 118 прибор для осушки дальномера уложен в специальный ящик.

ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ПРИБОРОМ

А. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПРИБОРА К ДЕЙСТВИЮ

1) Проверить состояние хлористого кальция (проверка происходит через окошечко *18* внизу справа от гигрометра).

Хлористый кальций, если его поверхность примет вид глазури, заменить новым.

Примечание. а) Для замены хлористого кальция надо ключом отдать гайки откидного болта *20* и снять крышку коробки *9* с мотором.

б) Если окажется затруднительным вытянуть из ящика жестяные сосуды с хлористым кальцием, следует влить в ящик холодной воды, после чего будет возможно с легкостью вынуть жестянки. Однако перед наполнением жестянок свежим кальцием все части должны быть тщательно высушены.

2) Установить переключатель 13 (на правой стороне прибора) на правильное напряжение (110 или 220 *в*).

3) Долить масло в капельную масленку 14.

Проверить по указателю уровня масла количество масла в маслоуловителе *17*, излишнее масло спустить через кран *16*. Ручку *15* на

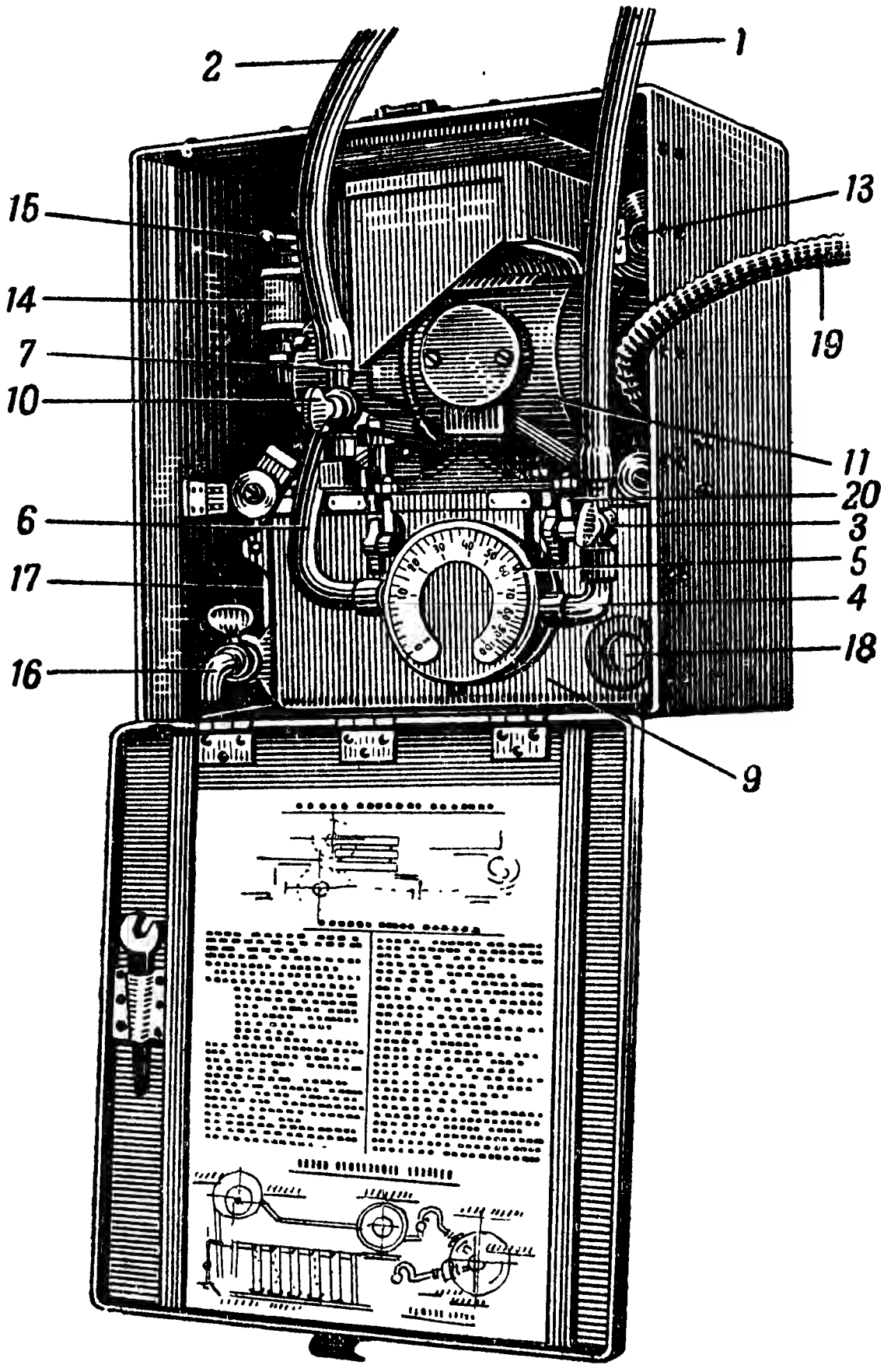


Рис. 118. Прибор Цейсса для осушки дальномеров.

капельной масленке повернуть вверх для подачи масла в насос; регулировать частоту капель так, чтобы нагрев насоса не превышал допустимого.

4) Продуть шланги.

Надеть шланги на оба крана прибора и открыть оба крана *3* и *10*. Включить мотор (выключателем *12* на левой стороне прибора), повернуть

головку выключателя так, чтобы риска находилась против знака постоянного или переменного тока, в зависимости от того, каким током пользуются.

Оставить мотор включенным в продолжение нескольких минут.

Выключить мотор, повернув выключатель *12* на 0.

Б. ПУСК ПРИБОРА В ДЕЙСТВИЕ ДЛЯ ОСУШКИ И ВЫКЛЮЧЕНИЕ ЕГО

1) Присоединить шланги к дальномеру, для чего отвинтить на дальномере предохранительные крышечки (красная и желтая с надписью „всасыв.“ и „нагнет.“) и ввинтить соединительный ниппель шланга.

2) Открыть клапаны дальномера для просушки, для чего повернуть доотказа против часовой стрелки оба клапана дальномера при помощи ключа на ниппеле шланга, которым отвинчивали предохранительную крышечку.

3) Открыть оба крана *3* и *10* машинки.

4) Повернуть выключатель *12* из положения 0 на знак постоянного (=) или переменного (~) тока и вставить вилку в штепсель.

Просушку производить до тех пор, пока внутреннее запотевание дальномера не исчезнет и пока стрелка гигрометра не перестанет заметно передвигаться.

В случае, если масло заполнит контрольное стекло *17*, надо немедленно остановить мотор, открыть кран *16* и выпустить масло, после чего пустить мотор.

5) Для прекращения действия осушки надо выключить мотор, повернув выключатель *12* на положение 0, и вынуть вилку из штепселя.

6) Закрыть клапаны дальномера, повернув их доотказа по часовой стрелке.

7) Закрыть оба крана *3* и *10* на машинке.

8) Вывернуть ниппели шлангов из дальномера (удерживая клапан ключом на ниппеле, которым отвинчивали предохранительную крышку).

9) Навинтить предохранительные крышечки на отверстия клапанов на дальномер.

§ 51. ПОНЯТИЕ О ДАЛЬНОМЕРАХ С УДВОЕННОЙ БАЗОЙ (СТЕРЕОИНВЕРТ И СТЕРЕОКОИНСИДЕНЦ)

Нормальный стереоскопический эффект, который мы имеем при наблюдении местности в бинокулярные приборы по сравнению с зрением двумя глазами, только усиливается пропорционально базе прибора, так как мы исскуственно разносим правый глаз вправо, а левый влево и потому лучше видим рельеф местности и взаимное удаление предметов. При этом, конечно, дальние предметы нам кажутся дальше близких, и углы зрения на них будут меньше, чем на ближние предметы.

Но если мы создадим такую оптическую систему, что луч, упавший на левый концевой отражатель, попадет в правый глаз, а луч, упавший на правый концевой отражатель, — в левый глаз, то изображения, полученные на сетчатках обоих глаз, будут уже не те, как это бывает при нормальном зрении, и когда они наложатся в мозгу одно на другое, то получится также не то, что бывает при нормальном видении, и человек увидит такую несуразность, что более близкие пред-

меты будут казаться дальше дальних и наоборот, а при этом еще выйдет, что предметы, кажущиеся ему более удаленными, закроют собой более близкие. Такая неестественная картина, видимая нами благодаря специально устроенной оптической системе, называется псевдоскопическим эффектом. Псевдоскопическим эффектом воспользовались для искусственного увеличения базы дальномера вдвое по сравнению с его длиною.

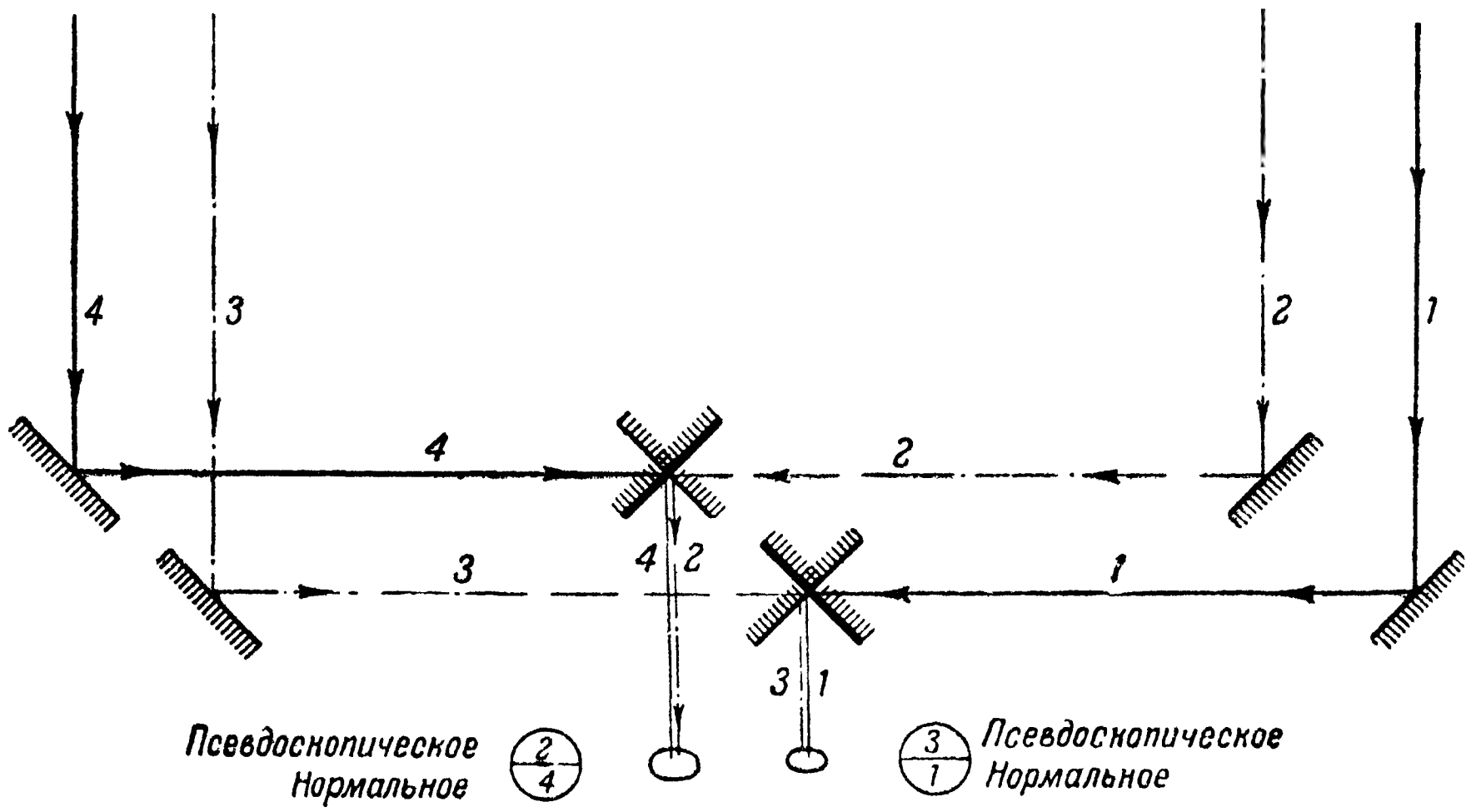


Рис. 119. Принципиальная схема устройства дальномера с удвоенной базой.

Благодаря обратной последовательности удалений предметов будет и обратное движение в глубину изображений предметов по отношению к неподвижной измерительной метке, поэтому, если мы вместо неподвижной измерительной метки введем движущееся по глубине в обратном направлении второе псевдоскопическое изображение предмета, то выйдет, что в то время как одно изображение предмета будет двигаться на нас, другое в это время будет удаляться от нас. Понятно, что при определенной чувствительности глаза данного наблюдателя установка измерительного клина в положение, когда оба изображения двигались навстречу друг другу и были совмещены по дальности, будет вдвое точнее, чем когда передвигалось одно изображение по отношению к неподвижной измерительной метке. А раз получается точность вдвое большая, то это соответствует дальномеру с вдвое большей базой.

Таким образом, если мы разделим видимое поле зрения дальномера на две части — в верхнюю часть дадим псевдоскопическое изображение, а в нижнюю — обыкновенное стереоскопическое, то от вращения одного измерительного валика мы будем двигать оба изображения навстречу друг другу, пока не совместим их, т. е. одно из изображений будет исполнять роль измерительной метки, но не неподвижной, а также передвигающейся в глубину.

На рис. 119 показана принципиальная схема идеи устройства такого дальномера. Фактически в одной трубе находятся два монокулярных дальномера типа „совмещение“: один — для правого глаза, другой —

для левого (хотя пользоваться ими в отдельности как дальномерами „совмещение“ нельзя).

Из схемы видно, что когда наблюдатель будет смотреть двумя глазами, то в нижней половине поля зрения будет обыкновенное стереоскопическое изображение, а в верхней — псевдоскопическое. Лучи для нижней половины поля зрения показаны сплошной линией, а для верхней — пунктиром.

Центральные зеркала (в дальномере в действительности довольно сложная призменная система) перед правым окуляром поставлены так, что правая часть дальномера дает нижнюю часть предмета, а левая — верхнюю. Центральные зеркала перед левым окуляром поставлены, наоборот, так, что правая часть дальномера дает верхнюю половину предмета, а левая — нижнюю.

Лучи, обозначенные цифрой *1*, упадут на правый концевой отражатель и, отразившись от нижнего зеркала (центрального перед правым окуляром), пройдут в правый же окуляр. Лучи, обозначенные цифрой *4*, упадут на левый концевой отражатель и, отразившись от нижнего зеркала перед левым окуляром, пройдут в левый же окуляр. Таким образом, смотря двумя глазами, мы будем видеть в нижней половине поля зрения нормальное стереоскопическое изображение.

Лучи, обозначенные цифрой *2* от правого концевого отражателя, упадут на верхнее зеркало перед левым окуляром и пройдут в левый окуляр. Лучи, обозначенные цифрой *3*, от левого концевого отражателя упадут на верхнее зеркало перед правым окуляром и пройдут в правый окуляр. Таким образом, здесь мы будем иметь лучи от правого концевого отражателя в левый окуляр и от левого концевого отражателя в правый окуляр и, смотря двумя глазами, будем видеть в верхней половине поля зрения псевдоскопическое изображение.

Дальномеры типа „стереокоинсиденц“ отличаются от дальномера типа „стереоинверт“ только конструкцией центральной призменной системы, которые дают: у дальномеров „стереокоинсиденц“—разрезанные две половинки изображения (одна — в верхней части поля зрения, а другая — в нижней), а у дальномеров „стереоинверт“—два изображения (или две половины), из которых верхнее перевернуто вверх ногами, что иногда дает некоторое преимущество для измерения расстояния.

По сравнению с обычными стереодальномерами этот тип приборов имеет следующие достоинства:

1) расхождение по глубине половинок изображения получается вдвое больше, так как смещение изображений происходит перед обоими окулярами, поэтому и точность его вдвое больше;

2) нет необходимости в точной горизонтальной и вертикальной наводках, так как измерение может быть сделано в любой точке линии раздела и не нужно приводить цель к точному соприкосновению с измерительной маркой.

§ 52. ПОНЯТИЕ О СКАРТОМЕТРЕ

На дальномерах итальянской фирмы Оффичине Галилео, включенных в централь управления артиллерийской стрельбой, имеется специальное приспособление, благодаря которому управляющий огнем получает на

отдельном циферблате не расстояние до всплеска падений снарядов а готовую величину недолета или перелета залпа относительно цели.

Приспособление это называется скартометром; оно может быть добавлено к любому дальномеру. Устройство его не оптическое, а электрическое, и на дальномере состоит оно из переключателя, установленного на наружной трубе. Ручка имеет два положения: „дальномер“ и „скартометр“. При переходе из первого положения во второе переключатель поворачивается на 180° и при помощи целой системы электромагнитных катушек и рычагов производит:

1) блокировку стрелки приемного циферблата расстояний до цели в положении последнего измеренного расстояния до цели;

2) установку стрелки циферблата отклонений (величин недолетов или перелетов) на нулевое положение;

3) переключение с приемника расстояний на циферблат приемника отклонений.

Ручку дальномерщик поворачивает перед падением залпа (по особому сигналу, звонку или приказанию) и производит измерение расстояния не до цели, а до всплесков залпа. На приемном циферблате отклонений после измерения расстояния до всплеска будет показана не абсолютная величина этого расстояния, а только разность со знаком + или — между этим расстоянием и последним измеренным расстоянием до цели, т. е. величина перелета или недолета.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЧАСТЬ I

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОПТИКИ

Стр.

§ 1. Первоначальные понятия 3
§ 2. Закон прямолинейного распространения света 3
§ 3. Законы освещения 4
§ 4. Законы отражения света 4
§ 5. Построение изображения светящейся точки в плоском зеркале 5
§ 6. Изменение направления отражения лучей при повороте зеркала 6
§ 7. Законы преломления света 7
§ 8. Прохождение света через пластину с параллельными гранями 8
§ 9. Полное внутреннее отражение 9
§ 10. Освещение креста нитей прицела 10
§ 11. Преломление света призмой 10
§ 12. Призмы полного внутреннего отражения 11
§ 13. Обращающая система призм Порро 13
§ 14. Призма Пранделя (пента-призма) 14
§ 15. Оптические стекла (линзы) 14
§ 16. Собирательные линзы 16
§ 17. Построение изображений в собирательных линзах 19
§ 18. Рассеивательные линзы. Построение изображений в рассеивательных линзах 23
§ 19. Рассеяние света 24
§ 20. О специальных сортах оптических стекол 25
§ 21. Ахроматические призмы 25
§ 22. Сферическая аберрация 27
§ 23. Хроматическая аберрация 27
§ 24. Устройство глаза 29
§ 25. Зрение двумя глазами 32
§ 26. Зрительная труба Кеплера 34
§ 27. Оптические элементы зрительной трубы 36
§ 28. Земная зрительная труба 40
§ 29. Перемена увеличения в трубах 40
§ 30. Призменный бинокль 43
§ 31. Стереотрубы 45
§ 32. Зрительная труба Галилея 47

ЧАСТЬ II

ДАЛЬНОМЕРЫ

§ 33. Типы оптических дальномеров, принятых на вооружение военно-морского флота СССР 51

Отдел I. **Дальномеры типа „совмещение“**

§ 34. Идея устройства дальномеров Барра и Струда 53
§ 35. Различные способы отклонения луча для совмещения изображений . . . 56
§ 36. Погрешности дальномеров 58
1. Ошибка на половинение (ошибка по высоте) 59
2. Ошибка на согласование (ошибка по дальности) 61
3. Параллактическая ошибка 63
§ 37. Описание устройства пятиметрового дальномера Цейсса 64
1. Главные конструктивные и оптические данные дальномера 64
2. Наружное устройство дальномера 64
3. Внутреннее устройство дальномера 66
4. Внутренний абсолютный выверитель Цейсса 71
5. Выверка дальномера 72

Стр.

Отдел II. Стереоскопические дальномеры

§ 38. Идея устройства стереодальномеров 75
§ 39. Погрешности стереодальномеров 79

1. Ошибка по высоте 79
2. Ошибка на согласование (ошибки по дальности) 80
3. Параллактическая ошибка 81

§ 40. Трехметровый стереодальномер Цейсса 81

1. Главные конструктивные, оптические и весовые данные дальномера 81
2. Наружное устройство дальномера 82
3. Внутреннее устройство дальномера 85
4. Правила пользования дальномером 87
5. Выверка дальномера 88

§ 41. Шестиметровый стереодальномер Цейсса с конвертором 90

1. Главные конструктивные и оптические данные дальномера 90
2. Наружное устройство дальномера 91
3. Внутреннее устройство дальномера 91
4. Установка и правила пользования дальномером 97
5. Конвертор 98
6. Выверка дальномера 100

§ 42. Высотомеры 101
§ 43. Четырехметровый складной стереодальномер 104

1. Общие указания 104
2. Оптические конструктивные и весовые данные дальномера 104
3. Наружное устройство дальномера 105
4. Внутреннее устройство дальномера 106
5. Установка дальномера и подготовка к работе 110
6. Выверка дальномера 111

Отдел III. Общие положения и устройства для всех дальномеров

§ 44. Дистанционная шкала и ее разбивка 114
§ 45. Теоретическая и практическая точность дальномера 115
§ 46. Правила работы на дальномерах 118

1. Предварительное приготовление дальномера к измерению расстояний 118
2. Измерение расстояний 119

§ 47. Приборы для испытания и обучения дальномерщиков 121
§ 48. Наставление для производства занятий на приборе и по работе на дальномере 123

1. Занятия на приборе (обучение стереодальномерщиков) 123
2. Обучение дальномерщиков на дальномере „совмещение“ 125
3. Занятия по измерению дистанций 125
4. Оценка работы дальномерщика 125
5. Занятия по определению ВИР 126

§ 49. Уход за дальномером и его сбережение 126
§ 50. Прибор Цейсса для осушки дальномеров 128

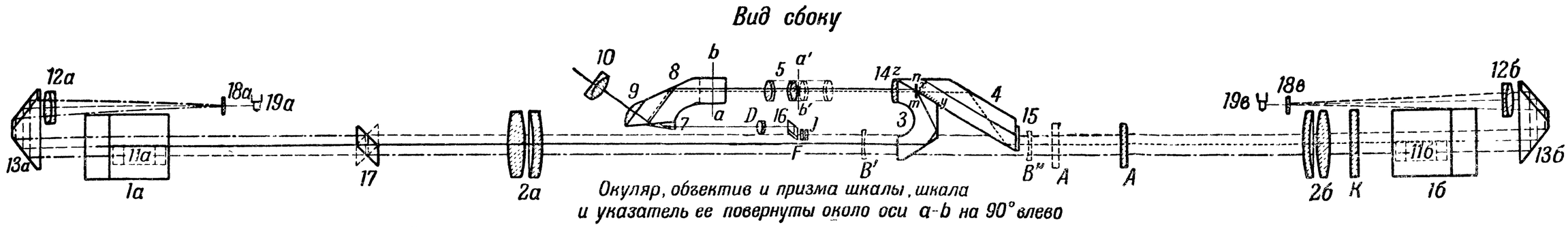
Инструкция для обращения с прибором 129
А. Приготовление прибора к действию 129
Б. Пуск прибора в действие для осушки и выключение его 131

§ 51. Понятие о дальномерах с удвоенной базой (стереоинверт и стереокоинсиденц) 131
§ 52. Понятие о скартометре 133

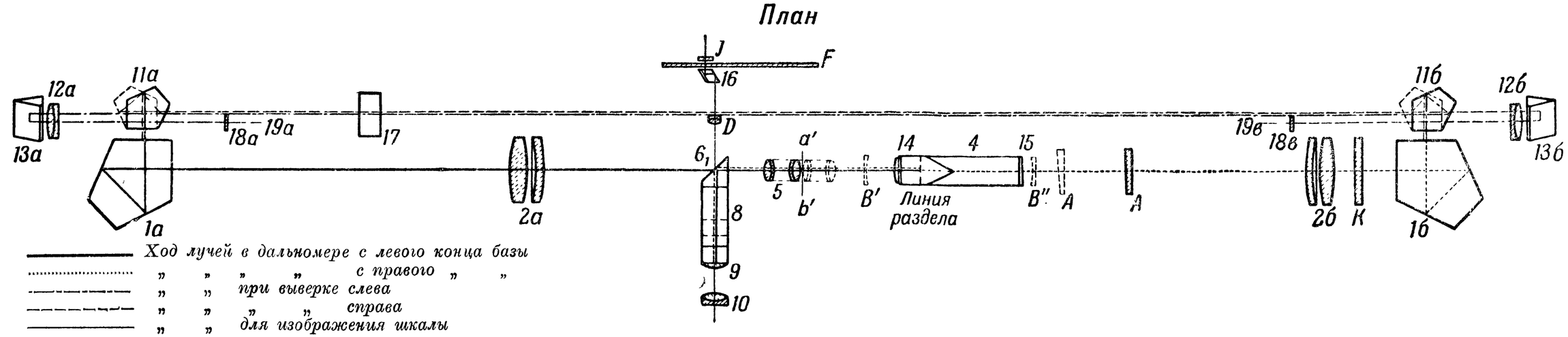
Приложение I. Переводная таблица дистанций из метров в кабельтовы для четырехметрового складного стереодальномера
Приложение II. Чертежи 1—7

Переводная таблица
дистанций из метров в кабельтовы для четырехметрового складного стереодальномера
(1 кабельтов равен 182,88 *м*)

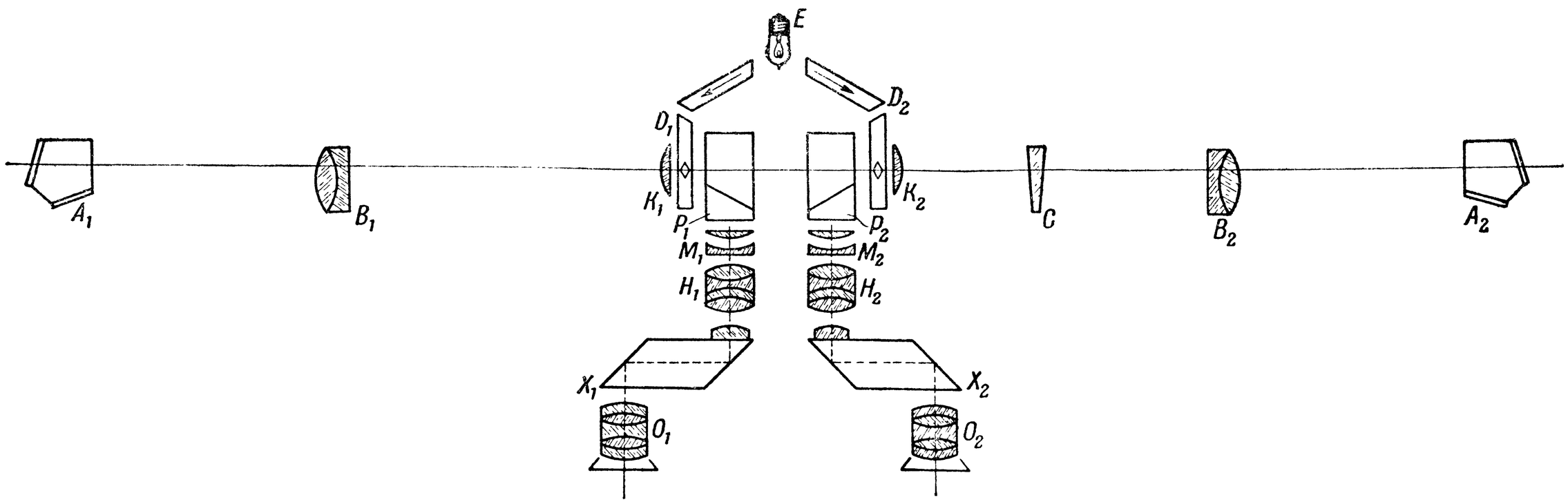
Дистанция в *м*	Дистанция в кб.	Дистанция в *м*	Дистанция в кб.	Дистанция в *м*	Дистанция в кб.	Дистанция в *м*	Дистанция в кб.	Дистанция в *м*	Дистанция в кб.	Дистанция в *м*	Дистанция в кб.	Дистанция в *м*	Дистанция в кб.
— 2 000	10.94	— 2 300	12.58	— 2 700	14.76	— 3 600	19.69	— 4 800	26.25	— 7 500	41.01	— 18 000	98.43
— 2 005	10.96	— 2 305	12.60	— 2 710	14.82	— 3 620	19.79	— 4 820	26.36	— 7 550	41.29	— 18 500	101.16
— 10	99	— 10	63	— 20	87	— 40	90	— 4 840	47	— 600	56	— 19 000	103.99
— 15	11.02	— 15	66	— 30	93	— 60	20.01	— 60	58	— 650	83	— 500	106.63
— 2 020	11.05	— 2 320	12.69	— 40	98	— 80	12	— 80	68	— 700	42.11	— 20 000	109.36
— 2 025	11.07	— 2 325	12.71	— 50	15.04	— 3 700	20.23	— 4 900	26.79	— 750	38	— 20 500	112.1
— 30	10	— 30	74	— 60	09	— 3 720	20.34	— 4 920	26.90	— 800	65	— 21 000	114.8
— 35	13	— 35	77	— 70	15	— 40	45	— 40	27.01	— 850	93	— 500	117.6
— 2 040	11.16	— 2 340	12.80	— 80	20	— 60	56	— 60	12	— 900	43.20	— 22 000	120.3
— 2 045	11.18	— 2 345	12.82	— 90	26	— 80	67	— 80	23	— 950	47	— 22 500	123.0
— 50	21	— 50	85	— 2 800	15.31	— 3 800	20.78	— 5 000	27.34	— 8 000	43.74	— 23 000	125.8
— 55	24	— 55	86	— 2 810	15.36	— 3 820	20.89	— 5 050	27.61	— 8 100	44.30	— 500	128.5
— 2 060	11.26	— 2 360	12.91	— 20	42	— 40	21.00	— 100	89	— 200	84	— 24 000	131.2
— 2 065	11.29	— 2 365	12.93	— 30	48	— 60	21.11	— 150	28.16	— 300	45.39	— 24 500	134.0
— 70	32	— 70	96	— 40	53	— 80	22	— 200	43	— 400	93	— 25 000	136.7
— 75	35	— 75	99	— 50	58	— 3 900	21.33	— 250	71	— 500	46.48	— 500	139.4
— 2 080	11.37	— 2 380	13.01	— 60	64	— 3 920	21.44	— 300	98	— 600	47.03	— 26 000	142.2
— 2 085	11.40	— 2 385	13.04	— 70	69	— 40	54	— 350	29.25	— 700	57	— 26 500	144.9
— 90	43	— 90	07	— 80	75	— 60	65	— 400	53	— 800	48.12	— 27 000	147.6
— 95	46	— 95	10	— 90	80	— 80	76	— 450	80	— 900	67	— 500	150.4
— 2 100	11.48	— 2 400	13.12	— 2 900	15.86	— 4 000	21.87	— 5 500	30.07	— 9 000	49.21	— 28 000	153.0
— 2 105	11.51	— 2 405	13.15	— 2 910	15.91	— 4 020	21.98	— 5 550	30.35	— 9 100	49.76	— 29 000	158.6
— 10	54	— 10	18	— 20	97	— 40	22.09	— 600	62	— 200	50.31	— 30 000	164.0
— 15	57	— 15	21	— 30	16.02	— 60	20	— 650	90	— 300	85	— 31 000	169.4
— 2 120	11.59	— 2 420	13.23	— 40	08	— 80	31	— 700	31.17	— 400	51.40	— 32 000	175.0
— 2 125	11.62	— 2 425	13.26	— 50	13	— 4 100	22.42	— 750	44	— 500	95	— 33 000	180.4
— 30	65	— 2 430	29	— 60	19	— 4 120	22.53	— 800	72	— 600	52.49	— 34 000	186.0
— 35	67	— 2 435	32	— 70	24	— 40	64	— 850	99	— 700	53.04	— 35 000	191.5
— 2 140	11.70	— 2 440	13.34	— 80	30	— 60	75	— 900	32.26	— 800	59	— 40 000	218.5
— 2 145	11.73	— 2 445	13.37	— 90	35	— 80	86	— 950	53	— 900	54.13	— 45 000	246.0
— 50	76	— 50	40	— 3 000	16.40	— 4 200	22.97	— 6 000	32.81	— 10 000	54.68	— 50 000	273.5
— 55	78	— 55	42	— 3 020	16.51	— 4 220	23.08	— 6 050	33.08	— 10 200	55.78		
— 2 160	11.81	— 2 460	13.45	— 40	62	— 40	19	— 100	36	— 400	56.88		
— 2 165	11.84	— 2 465	13.48	— 60	73	— 60	29	— 150	63	— 600	57.96		
— 70	87	— 70	51	— 80	84	— 80	40	— 200	90	— 800	59.06		
— 75	89	— 75	53	— 3 100	16.95	— 4 300	23.51	— 250	34.18	— 11 000	60.16		
— 2 180	11.92	— 2 480	13.56	— 3 120	17.06	— 4 320	23.62	— 300	45	— 11 200	61.24		
— 2 185	11.95	— 2 485	13.59	— 40	17	— 40	73	— 350	72	— 400	62.34		
— 90	98	— 90	62	— 60	28	— 60	84	— 400	35.00	— 600	63.42		
— 95	12.00	— 95	64	— 80	39	— 80	95	— 450	35.27	— 800	64.52		
— 2 200	12.03	— 2 500	13.67	— 3 200	17.50	— 4 400	24.06	— 6 500	35.54	— 12 000	65.62		
— 2 205	12.06	— 2 510	13.73	— 3 220	17.61	— 4 420	24.17	— 6 550	35.82	— 12 200	66.72		
— 10	08	— 20	78	— 40	72	— 40	28	— 600	36.09	— 400	67.80		
— 15	11	— 30	83	— 60	83	— 60	39	— 650	36	— 600	68.90		
— 2 220	12.14	— 40	89	— 80	94	— 80	50	— 700	64	— 800	69.93		
— 2 225	12.17	— 50	94	— 3 300	18.05	— 4 500	24.61	— 750	91	— 13 000	71.09		
— 30	19	— 60	14.00	— 3 320	18.15	— 4 520	24.72	— 800	37.18	— 13 200	72.18		
— 35	22	— 70	14.05	— 40	26	— 40	83	— 850	46	— 400	73.27		
— 2 240	12.25	— 80	11	— 60	37	— 60	93	— 900	73	— 600	74.37		
— 2 245	12.28	— 90	16	— 80	48	— 80	25.04	— 950	38.00	— 800	75.46		
— 50	30	— 2 600	14.22	— 3 400	18.59	— 4 600	25.15	— 7 000	38.28	— 14 000	76.55		
— 55	33	— 2 610	14.27	— 3 420	18.70	— 4 620	25.26	— 7 050	38.55	— 14 200	77.66		
— 2 260	12.36	— 20	33	— 40	81	— 40	37	— 100	82	— 400	78.74		
— 2 265	12.39	— 30	38	— 60	92	— 60	48	— 150	39.10	— 600	79.83		
— 70	41	— 40	44	— 80	19.03	— 80	59	— 200	37	— 800	80.92		
— 75	44	— 50	49	— 3 500	19.14	— 4 700	25.70	— 250	64	— 15 000	82.02		
— 2 280	12.47	— 60	55	— 3 520	19.25	— 4 720	25.81	— 300	92	— 15 500	84.75		
— 2 285	12.50	— 70	60	— 40	36	— 40	92	— 350	40.19	— 16 000	87.00		
— 90	52	— 80	65	— 60	47	— 60	26.03	— 400	46	— 16 500	90.22		
— 95	55	— 90	71	— 80	58	— 80	14	— 450	74	— 17 000	92.96		
										— 500	95.69		



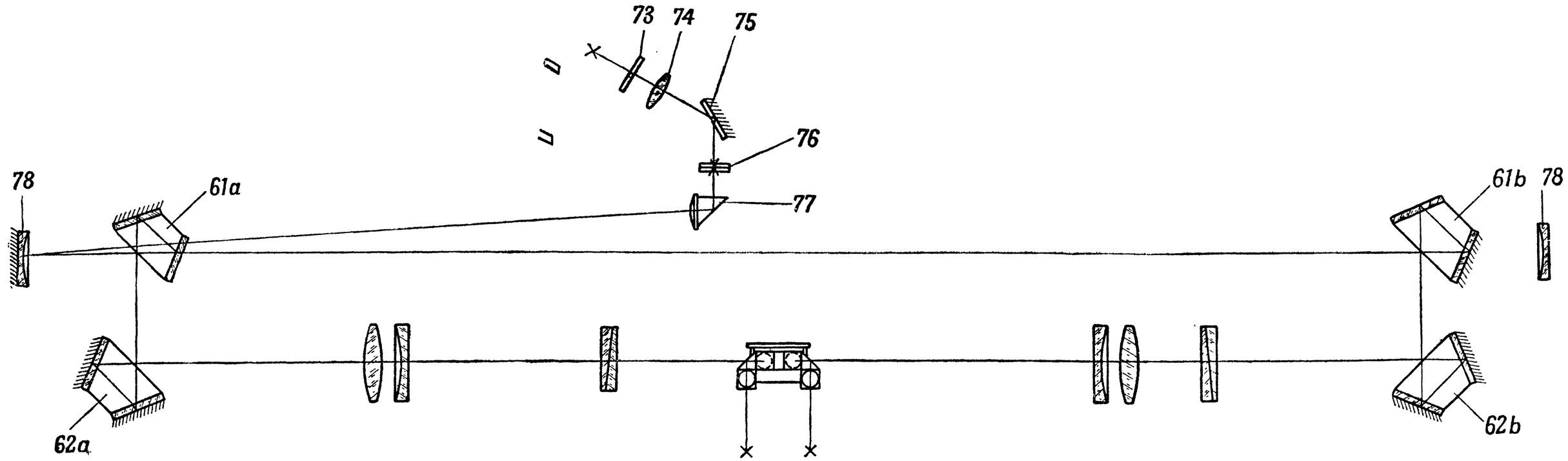
Черт. 1. Схема стекол пятиметрового дальномера Цейсса типа „совмещение“ (боковой вид).



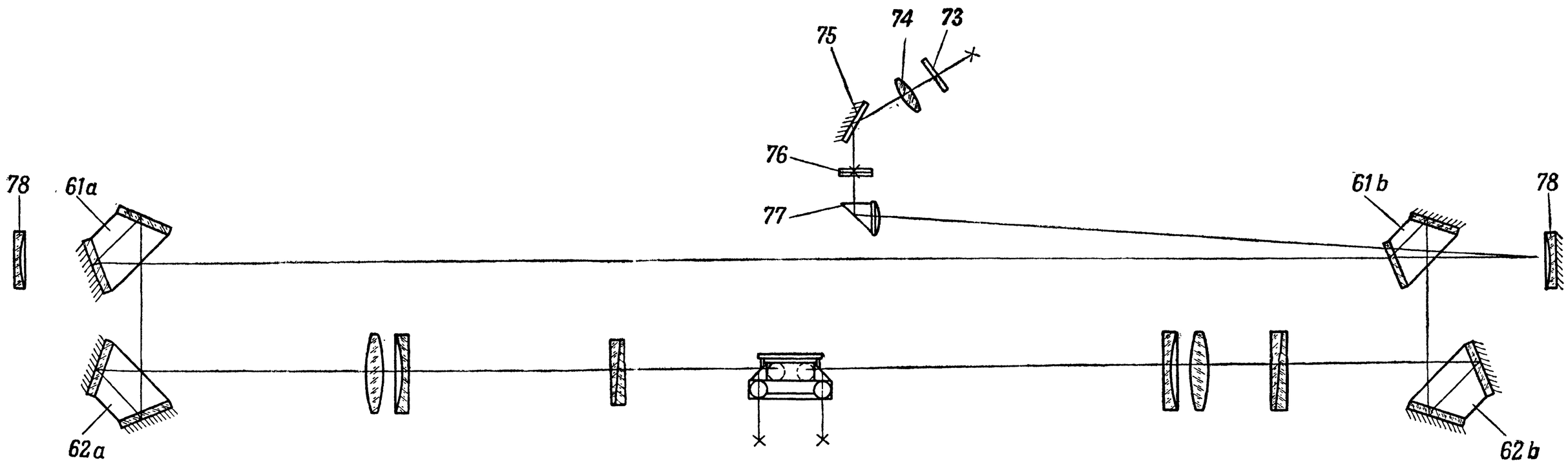
Черт. 2. Схема стекол пятиметрового дальномера Цейсса типа „совмещение“ (план).



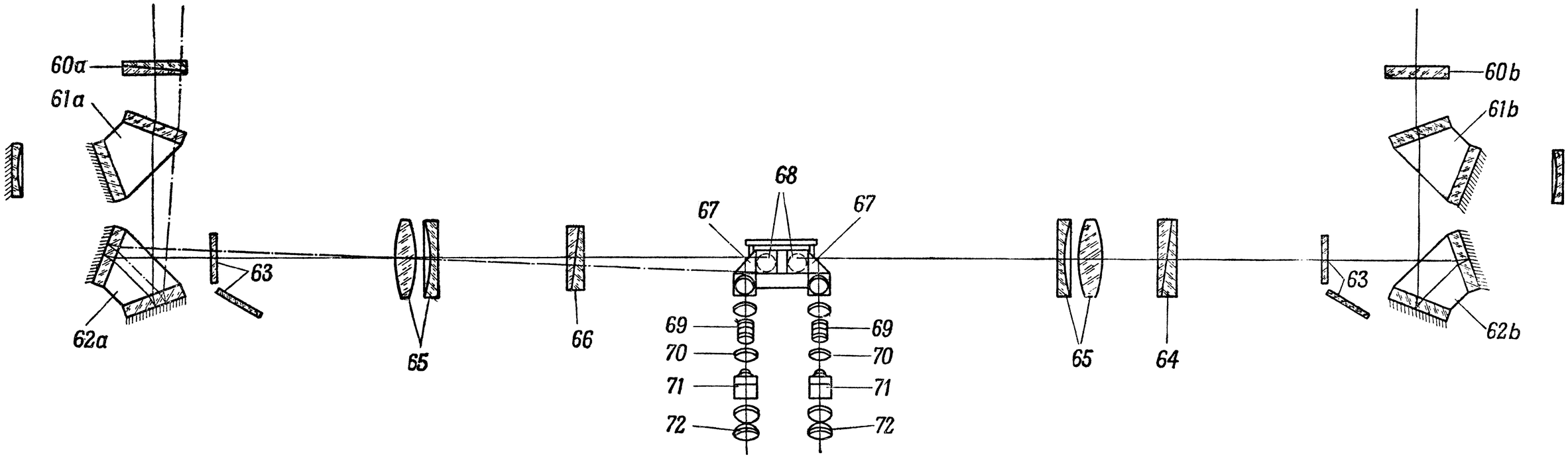
Черт. 3. Схема стекол трехметрового стереодальномера Цейсса.



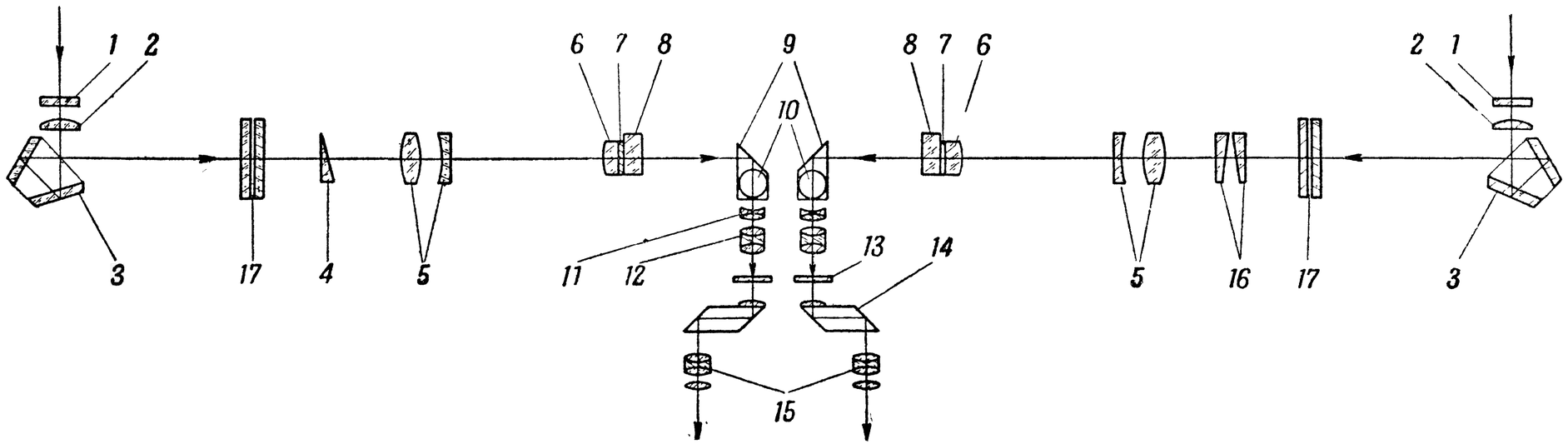
Черт. 4. Схема стекол абсолютной выверки шестиметрового стереодальномера (выверка слева).



Черт. 5. Схема стекол абсолютной выверки шестиметрового стереодальномера (выверка справа).



Черт 6. Схема стекол шестиметрового стереодальномера Цейсса с конвертором.



Черт. 7. Схема стекол четырехметрового складного стереодальномера.